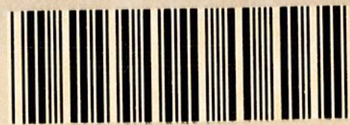
n°128

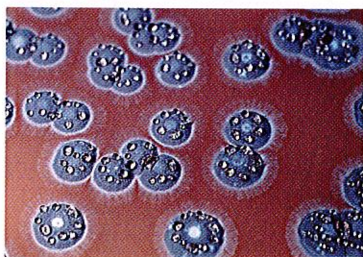
INRA mensuel

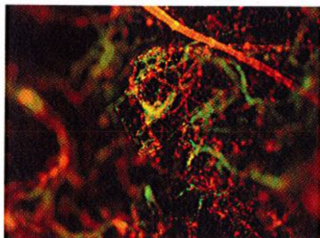
Journal interne, automne 2006



INRA

Sommaire



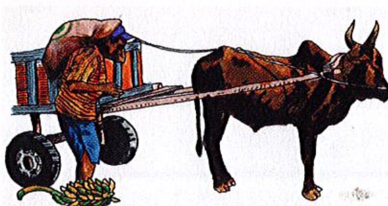




















LA TERRE FRANÇAISE
DOIT ETRE MISE EN VALEUR PAR UN TRACTEUR FRANÇAIS
RENAULT
BILLANCOURT (SEINE)

Faire partager la recherche

Toscane. Pierre de rêve. Claude Boullé, Paris 6e

Un parcours passionnant

Après 25 ans, c'est le dernier numéro de notre revue, avec l'envie d'écrire cette première page et de proposer quelques éléments de réflexion.

INRA mensuel a été construit à partir d'engagements et de convictions concernant la démarche de recherche, la recherche agronomique, l'INRA et la communication, qui seront développés plus loin.
Il n'a eu de sens que fondé sur les travaux de recherche et leur expression, dans leur complexité et leur culture, par ceux qui en sont les auteurs, personnes, équipes au sens large.

■Deux **éléments-clefs** en ont constitué la trame dès l'origine, ouvrant la perspective d'exprimer tout l'INRA avec une liberté de ton :

• **faire partager la démarche de recherche** : au-delà des résultats, c'est la chose essentielle ; une attitude au monde ; une culture qui peut contribuer à donner l'envie de comprendre, source de joies profondes et d'action. Tournée vers l'avenir, la recherche est l'une des rares activités qui donne, sans perdre et sans déposséder les autres.

• l'**identité** de l'INRA : elle est fondée sur la **recherche agronomique**, du fondamental aux responsabilités sur le terrain. Au croisement de l'agriculture, de l'alimentation et du respect de l'environnement, thèmes au cœur de notre société, ces questions de recherche, originales, complexes, appellent une approche pluridisciplinaire, intégrée, riche des connaissances acquises pour l'avenir ; connaissances permettant aussi une nouvelle approche du savoir passé.
La recherche en agronomie est d'autant plus précieuse que, par ses objets-mêmes, elle peut fonder un engagement et constituer un repère, en ces moments où toute la recherche est dans la tourmente : • le temps de la recherche, de plus en plus morcelé et volé, n'est pas celui des médias et des politiques ; ce temps manque pour pouvoir prendre de la distance et prendre conscience ; on saute d'un sujet à l'autre ; on appelle "projets" des cycles de vie de plus en plus courts ; la concurrence est acharnée • les normes, les contrats, les évaluations, les indicateurs se multiplient... • il y a désaffection pour les études scientifiques ; les formations à la recherche sont de plus en plus pointues ; elles éclatent les savoirs, coupés de l'organe, de l'animal ou de la plante et de tout l'équilibre des systèmes de vie. Sans racines et sans histoire, le risque est grand de dissocier, par exemple, la connaissance des gènes de la complexité de leurs fonctions...

■Ainsi la **communication** de la **recherche** doit être fondée sur :

• son contexte, son histoire, sa culture, sa complexité et ses débats d'idées

• la façon dont la vivent et la pensent les êtres qui la créent, l'accompagnent ou la partagent.

Elle doit ouvrir à la réflexion. Elle nécessite des débats, des synthèses et une intégration des connaissances, car l'excellence de résultats ponctuels ne suffit pas à construire un corps de connaissances.
Elle doit transmettre le sens et respecter l'engagement de ceux qui construisent la recherche, personnes et équipes, afin d'être comprise, partagée et discutée par l'ensemble de ceux qu'elle concerne, des agriculteurs à la société toute entière. Cela ne peut pas se faire sans en prendre le temps.

• une **forme** qui traduise ce contenu :
- les **illustrations** ont joué un rôle important pour faire ressentir, pour dire autrement, la beauté du vivant et de l'agronomie, dimension essentielle des travaux de l'INRA : l'animal pour le chercheur, l'éleveur et le citadin ; le "bel arbre" ou le "beau paysage" pour le forestier, l'agriculteur et le promeneur...
- c'est ce que la **maquette**, les choix graphiques et les rubriques ont souhaité exprimer.

• un **travail d'équipe**
Cette revue a pu exister parce que cette conception a été partagée par l'**équipe** qui la réalisait, dans le recueil et l'assemblage des textes et des images, dans la création de la maquette. Elle s'est appuyée dès son origine sur un **comité éditorial** représentant tout l'INRA, très impliqué, très réactif, et le **réseau** des chargés de communication des centres.

Revenons sur chacun de ces éléments>>>

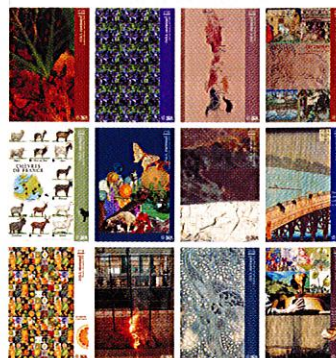
"Ces années ont été pour nous une source immense de plaisir de l'esprit, d'émotions, de découvertes, de rencontres avec des gens merveilleux, du premier au dernier jour"

Denise, Pascale, Frédérique



Photo : ©Musée Fenaille-Rodez – Pierre Soisons

Statue-menhir
dite "la dame de Saint-Sernin", provenant de Saint-Sernin-sur-Rance (Aveyron), grès, III[ème] millénaire avant notre ère.
Musée Fenaille-Rodez, coll. Société des Lettres, Sciences et Arts de l'Aveyron.





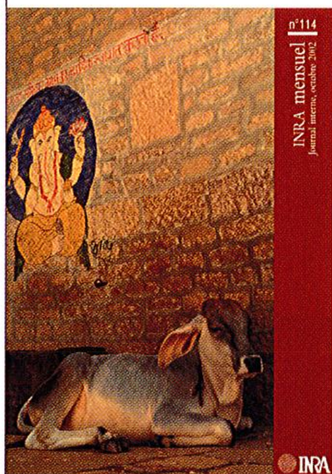




Photo : A. Salasca

Un ensemble de convictions

Ce qui a fondé *INRA mensuel* en 1982, jusqu'à aujourd'hui, est un ensemble de convictions :

• **la démarche de recherche** m'a toujours semblé, comme la création, l'une des plus libres démarches de l'esprit. Au-delà des connaissances et des résultats, c'est la trame de ce que nous pouvons faire partager à nos lecteurs et plus largement à la société : éveil, esprit critique, doute, rigueur, création, intuition, observation... afin de donner envie de comprendre et d'ouvrir d'autres possibles.

Conserver cette attitude, même si elle a souvent été qualifiée d'utopie, n'est jamais venu de l'ignorance, de la naïveté ou du désir de fermer les yeux sur les difficultés de la recherche ; c'est la certitude que s'attacher à cette expression de ce que peut être la recherche par les auteurs et pour les lecteurs, aide à la préserver.

La **recherche agronomique**, c'est-à-dire le vivant, la biologie, concerne chacun de manière quotidienne par l'alimentation, la santé, l'environnement, les paysages et les territoires façonnés par les agriculteurs. Elle explore des problèmes essentiels et passionnants à l'échelle de régions, de l'Europe, du monde : besoins nutritionnels, qualité, suffisance et indépendance alimentaires, plaisir et sécurité des aliments, faim dans le monde ; sauvegarder l'environnement, préserver les paysages et entretenir les territoires ; conditions de vie des agriculteurs ; biodiversité ; évolutions climatiques ; mode de vie, mondialisation... tous thèmes complexes qui nécessitent d'acquérir des connaissances du fondamental au terrain, avec des conséquences concrètes sur les hommes, les plantes, les animaux, le sol, le climat...

> "Et j'ai scruté
> tout ce que nul ne peut
> en rien imaginer.
> Et j'ai soupesé
> maintes fois même
> la vie impondérable, ..."
>
> *Guillaume Apollinaire*

Connaître le terrain peut être source de questions fondamentales à la recherche, celle-ci pouvant ou devant aussi anticiper les questions.

Cette complexité nécessite tout à la fois :
- d'approfondir et de croiser un ensemble très riche de disciplines : génétique, physiologie, nutrition, pathologie, économie, sociologie...
- de prendre en compte des échelles de temps, de l'instant au durable, de l'infiniment petit à l'infiniment grand
- d'intégrer l'ensemble de ces approches pour comprendre les phénomènes agronomiques.

Pour ces raisons, la recherche agronomique peut, entre autres, attirer vers des études scientifiques et donner du sens à ces métiers. Elle peut ainsi fonder un attachement pour ceux qui travaillent à l'INRA, plus essentiel que jamais. L'empilement croissant des structures associant les organismes de recherche, les universités, les entreprises ainsi que l'éclatement des sources de financement et leur poids aléatoire sur les orientations... créent le danger de disloquer toute politique scientifique cohérente [1]. Plus grave encore, ces mesures étouffent peu à peu le temps long nécessaire à la recherche en le réduisant et en le fragmentant. Le morcellement et la juxtaposition d'une avalanche de résultats ponctuels sans intégration et synthèses risquent de ne plus constituer un savoir, phénomène accentué encore par la disparition des généralistes, la spécialisation, la modélisation... Les pluridisciplinarités, instaurées le temps d'un contrat, ne peuvent pas non plus prévenir ce risque. Où va-t-on construire les connaissances ?

La multiplication des normes, des contrats, des schémas, des évaluations, des indicateurs... met aussi en danger l'indispensable liberté de la recherche.

• L'INRA, l'un des plus grands organismes de recherche agronomique au monde, est chargé de cette recherche agronomique [2].

Son statut, sa structure, ses outils originaux et forts de recherche sont à même de répondre aux thèmes complexes et multidisciplinaires de l'agronomie déjà évoqués, qui concernent au plus près la société.
- sa structure nationale constitue un portail pour répondre à des problèmes concernant une région ou une discipline, quelles qu'elles soient, vers d'autres équipes de l'INRA dans toute la France ; elle ouvre également à des collaborations avec d'autres organismes de recherche en France et dans la plupart des pays du monde
- sa structure publique lui permet de prendre des risques et une liberté d'esprit que le privé ne peut se permettre
- son réseau unique de domaines expérimentaux avec leurs ressources animales et végétales, aux savoirs accumulés depuis longtemps, ses liens avec la profession, lui apportent une dimension au-delà du laboratoire
- ses ressources génétiques animales, végétales et microbiologiques constituent un patrimoine rare et précieux
- son partenariat est riche, en régions, en France, en Europe, dans le monde, des professionnels agricoles, des industriels... aux équipes internationales d'excellence.

• Une **certaine conception de la communication de la recherche**, avec la conscience des malentendus qui accompagnent ce mot de communication, dévoyé la plupart du temps par une approche marketing ; au-delà de l'information sur ses résultats, elle n'a de sens que construite sur un contenu très riche, complexe, accompagné de son contexte, de son histoire, de sa culture et de ses débats d'idées ; elle est avant tout échange et écoute avec un profond investissement dans lequel on donne aussi quelque chose de soi-même.

[1] UMR, IFR, GIE, GIS, GIP, pôles de compétences/de compétitivité, PRES, ANR, Agences de l'Innovation, de la qualité de la recherche, de l'évaluation, Instituts de la Vigne et du Vin, du Goût, de Biologie intégrative, des Plantes, Réseaux thématiques de Recherche avancée... où se cache alors l'INRA ?

[2] En partenariat avec le CEMAGREF pour quelques aspects, avec l'IRD et le CIRAD pour les aspects internationaux, avec le CNRS parfois, ainsi qu'avec une multitude d'équipes dans le monde entier.

Elle doit sensibiliser à la perception de la nécessaire complexité. Elle doit faire partager ce qui est en amont des résultats, questions, contexte, construction, liberté d'esprit… à contre-courant de la simplification appauvrissante ou de la fragmentation des informations. Communiquer la recherche ne va pas de soi, c'est donc aussi un objet de recherche [3].

C'est une démarche qui nécessite du temps pour aller au-delà des apparences, … temps du dialogue, de l'écoute. Communiquer c'est prendre des risques à propos de ce qui vous touche beaucoup.

Construire INRA mensuel

C'est ainsi que le numéro 0 d'INRA mensuel s'est engagé sur ces objectifs acceptés par Jacques Poly*, confiance partagée depuis par tous les dirigeants de l'INRA :

• ne pas en faire une publication institutionnelle ; ce qui a justifié son envoi au domicile en interne

• représenter tout l'INRA et faire partager une culture commune

• exprimer la complexité et la richesse de la démarche de pensée de la recherche, la culture et l'histoire des sujets scientifiques, les débats… sans lesquels ceux qui choisissent de vivre ce métier, ou de l'accompagner, n'auraient pas la force et la tension indispensables, chaque jour, de longues années

• autre principe fort : c'est l'auteur qui rédige et signe, dans un dialogue, avec tous les allers et retours nécessaires. **Il est fondé sur la conviction intime que seul le chercheur peut refaire le chemin mais il ne peut le faire seul, en raison de sa longue familiarité avec son sujet.** Les articles sont signés ; ce qui signifie qu'ils expriment un point de vue

• rendre clair n'est surtout pas appauvrir

• prendre le temps d'écouter, d'entendre, de donner envie de faire partager, de laisser mûrir des sujets parfois des années, engranger du temps.

Ces engagements ont été renouvelés à de multiples occasions notamment celles des réponses des lecteurs aux enquêtes.

"Pour atteindre le point
que tu ne connais point,
tu dois prendre le chemin
que tu ne connais point"

St Jean de la Croix

Ainsi, INRA mensuel a été construit pour :

• faire mieux connaître ce qui se fait à l'INRA à ceux dont l'investissement quotidien dans leur recherche ne laisse pas le temps d'approfondir celles des autres ; donner ainsi une idée de la richesse des sujets abordés, qu'il s'agisse de sujets sensibles, émergents, à la mode, de pointe ou ancestraux

• offrir des synthèses car des infos brèves qui se succèdent ne permettent ni de comprendre, ni de construire des connaissances [4] ; elles constituent des réponses sans les questions

• exprimer des débats ; ce qui est plus difficile pour diverses raisons mais apparaît dans "Éléments de réflexion", le "Courrier", ou plus souvent dans le simple fait de publier tel texte

• traduire en maquette ces facettes par des rubriques faisant ressortir leur lien plutôt que leur différence : Les métiers de l'INRA, Le Point sur… Histoire et recherche, Résonances, Nature, Astuces… La présence ou l'absence d'une rubrique n'a jamais été la première préoccupation ; pas plus que restreindre à l'avance la longueur d'un texte, liée essentiellement au sujet ou le nombre de pages de la publication

• avec la constitution récente d'une multitude de sites web, sélectionner les thèmes indispensables dans le foisonnement des informations

• éclairer un problème d'actualité en rappelant, le cas échéant, ce qui s'est passé avant ; par exemple, au moment le plus aigu de la crise dite de la vache folle, demander à Claude Calet [5], monsieur Protéines des années 70, l'histoire des farines animales ; ou bien, à propos de la fièvre aphteuse, un texte à Jacques Laporte, virologiste spécialiste de cette question, qui par ailleurs a écrit en 1990 le premier texte à l'INRA sur l'encéphalopathie spongiforme bovine ; tout récemment à Gilles Aumont des articles sur la grippe aviaire, le chikungunya, les zoonoses.

•••

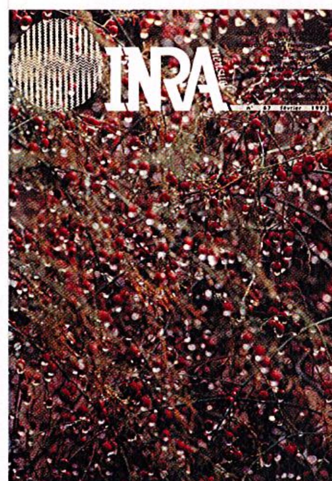
En harmonie avec d'autres réalisations

En parallèle, s'enrichissant réciproquement, se sont développés *Le Cahier des Techniques* (1983) expression d'astuces techniques qui n'auraient pas place ailleurs (avec Daniel Vermeire et Yves Bonnet), *Archorales,* recueil des archives orales de l'INRA, créé par Denis Poupardin en 1995 et Sciences en Questions groupe et conférences-débats en 1995 avec Josiane Tessier, directrice de la Formation et Michelle Cussenot, chargée de Communication et de Formation. S'y ajoute, important pour prendre la distance nécessaire avec ce dont on est responsable, ma participation à la revue *Sécheresse Sciences*, éditée par John Libbey Eurotext pour les structures de la francophonie.

Un long compagnonnage se termine avec ce dernier numéro d'INRA mensuel

• avec une toute petite équipe : Pascale Inzerillo depuis 18 ans avec laquelle se sont noués dialogue et complicité qui permettent que fond et forme s'enrichissent mutuellement avec sobriété et qui a notamment créé la nouvelle maquette (n°113) [6] ; Frédérique Chabrol



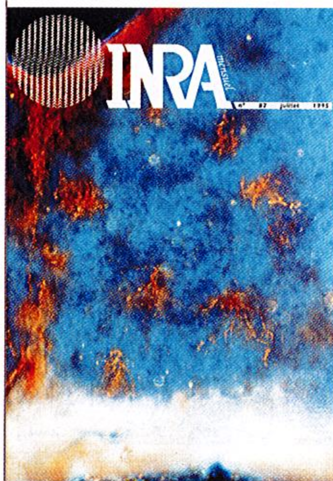


* Jacques Poly a dirigé l'INRA de 1978 À 1986.

[3] Dès la création de cette direction, un travail a été entrepris en 1983 à l'École des Hautes Études en Sciences Sociales sur le thème "Image de Recherche, Image de Communication" ainsi qu'un ensemble d'activités pour explorer les relations entre science et création artistique.

[4] Par exemples, l'annonce récente du décryptage du génome de *Lactobacillus sakei* a été accompagnée d'une synthèse sur son rôle dans la conservation des aliments (n°126). Ou bien, l'information sur un voyage de Marion Guillou en Chine s'inscrit dans un Point sur la recherche et l'agriculture en Chine et les relations avec l'INRA ; également par un carnet de voyages d'un chercheur (n°116).

[5] Claude Calet m'a fait l'immense cadeau pour ma première activité d'un réel travail d'équipe auquel on ne peut renoncer lorsqu'on l'a rencontré.



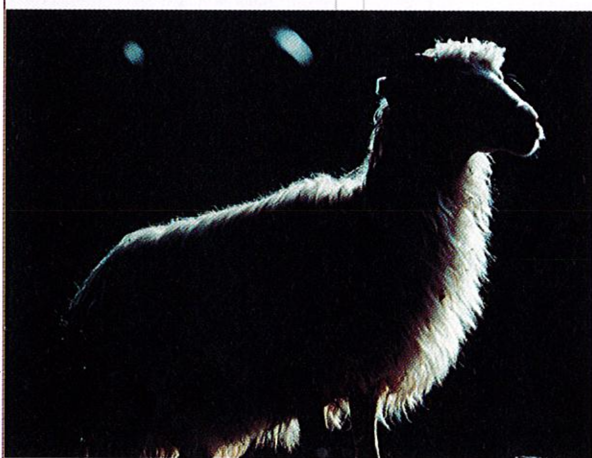
Vous découvrirez d'autres acteurs et d'autres approches avec un nouveau magazine [9].

arrivée il y a dix ans et qui a su faire face aux responsabilités et aux turbulences d'un secrétariat d'édition ainsi qu'aux charges de travail générés par nos choix éditoriaux. Plus récemment, Marc-Antoine Caillaud avec lequel nous avons mené à bien le dossier Zoonoses et poursuivons les autres

• avec un comité éditorial [7], exprimant les diverses composantes de l'INRA, disciplines scientifiques, centres et appuis à la recherche, qui a partagé ce travail dès 1982, vivant, personnel, débattant, dans l'esprit d'enrichir les contenus et le langage, de déceler les manques, de proposer les validations scientifiques et les rapprochements nécessaires

• avec le réseau des chargés de Communication qui sont au plus près des chercheurs et de la société

• avec les animateurs de la photothèque [8] qui ont accompagné notre attachement à illustrer la revue avec rigueur, pertinence, qualité technique et beauté des images.


Photo : François Vallerand

Nous avons ainsi partagé et réalisé, pendant près de 25 ans, avec une multitude de moments heureux, des documents donnant une image originale de l'INRA, comme en témoignent les réactions des lecteurs internes et externes.

Les **Dossiers** continuent : le Sol, les Maladies émergentes... à paraître dans quelques mois.

Le budget 2006 d'INRA mensuel est de 83.000€ pour 3 numéros et 3 dossiers (sans les salaires).
Chaque numéro est tiré à 12.500 exemplaires diffusés aux personnes qui travaillent à l'INRA ainsi qu'à 990 retraités, 1160 structures et personnes extérieures.
Ce budget correspond à différents travaux :
• cromalins (épreuves de contrôle pour les images) : 300€
• impression : en moyenne 8.000€
soit environ 8.300€/n° auxquels s'ajoutent :
• frais de routage et d'assemblage : 1.500€
• affranchissement (La Poste) : 6.000 à 8.000€ selon le poids.
Les numéros ont entre 48 et 60 pages ; les dossiers, entre 60 et 92.
Soit un coût moyen par n° de 1,10€ sans affranchissement

Domaine INRA de Pech Rouge.

Photo : Philippe Dubois

En cet instant étrange mes pensées vont aussi :

• à tous les auteurs qui ont créé le contenu et sans lesquels aucune publication n'existe

• aux lecteurs rencontrés lors de mes séjours dans les centres ou qui ont proposé des textes ; leurs réflexions et leur intérêt pour la revue l'ont encore enrichie

• à tous ceux dont l'existence a permis de préserver des choses essentielles

• à quelques personnes disparues :
- Jacques Poly dont la confiance a permis de re-créer une publication qui s'adresse à tous ceux qui travaillent à l'INRA et à ses partenaires proches.
- Bertrand-Roger Levy*, qui a repris en 1972 à la demande de Raymond Février son fondateur, le premier *Bulletin INRA* (arrêté en 1978).
- Jean-Claude Bousset*, toujours enthousiaste, qui a rassemblé la bibliothèque de livres anciens, encore aujourd'hui source inépuisable de belles illustrations.
- Jean-Pierre Deffontaines* qui a accepté d'ajouter une recherche à toutes les siennes sur "image de recherche, image de communication".
- Jean-Pierre Bourgin qui trouvait le temps malgré ses responsabilités, d'écrire après chaque numéro d'*INRA mensuel*, tant il prenait de colères ou de plaisir.
- Jacqueline Nioré dont l'énergie et la conviction ont permis de créer la photothèque.

Denise Grail


Photo : Frédérique Chabrol et Pascale Inzerillo

* **Bertrand-Roger Levy** : après avoir créé et dirigé la fabrique des mélanges expérimentaux en zootechnie à Jouy-en-Josas jusqu'en 1968, il a fondé le service de presse et des relations publiques de l'INRA dont il a été responsable jusqu'en 1984.
Jean-Claude Bousset : après avoir été adjoint au contrôleur financier, il a dirigé les affaires financières de l'INRA puis la 1ère filiale à 100% de l'Institut Agri Obtentions. Il a notamment conduit la construction du bâtiment des Biotechnologies à Jouy-en-Josas. **Jean-Pierre Deffontaines** : nous évoquons sa disparition dans ce numéro.

[6] La première maquette a été réalisée par Yvon Laviec, disparu il y a près de vingt ans. Philippe Dubois a pris sa suite jusqu'à ce que Pascale Inzerillo en reprenne la responsabilité.

[7] Pierre Sellier (APA) / Pierre Cruiziat (EFA) / Jean-François Morot-Gaudry (PPV) / Catherine Esnouf (NHSA) / Sylvain Mahé (DÉV) / Martine Mignote (SED) / Brigitte Cauvin (Jouy-en-Josas) / Jean-Claude Druart (Thonon-les-Bains) / Camille Raichon (Éd. Quæ) / Jean-Claude Subtil (DRH) / Daniel Renou (Formation) / Jean-Marie Bossennec (Photothèque) / Sylvie Colleu, Lise Poulet (Presse) / Marc-Antoine Caillaud, Pascale Mollier, Catherine Donnars (MICOM) / Raditja Ilami-Langlade (Retraités). Sans oublier d'autres personnes qui ont fait partie du comité et l'ont quitté seulement parce que leurs fonctions changeaient ou qu'ils partaient à la retraite : Marc Chambolle, Alain Fraval, Nicole Prunier, Jean-Paul Laplace, Yves Roger-Machart, Patricia Watenberg, Laurence Garmendia, Isabelle Bordier, Jean-Pierre Frémaux.

[8] Jean-Marie Bossennec, Julien Lanson, Christophe Maître.

[9] Le directeur de la mission Communication, Pierre Establet, a confié à la société Citizen Press la conception et la réalisation d'un magazine qui remplacera *INRA La lettre* et *INRA mensuel*. Il ne sera plus interne mais adressé à 30 000 destinataires, INRA, politiques, professionnels agricoles, industriels, enseignants... Il sera ensuite réalisé par la mission Communication avec plusieurs rédacteurs.

Braga, Portugal.

Clin d'œil à Daniel Renou, auteur de ces deux photos.

Actualités scientifiques

Décryptage du génome de la bactérie *Streptomyces ambofaciens* :

échanges d'information génétique aux extrémités du chromosome linéaire

Les *Streptomyces* appartiennent à la très variée et très abondante communauté bactérienne du sol et sont impliquées dans de nombreuses interactions biotiques impliquant bactéries, champignons et plantes. Le sol constitue un environnement changeant d'un point de vue biotique et abiotique. Les *Streptomyces* sont particulièrement intéressantes parce qu'elles développent des mécanismes très actifs d'échanges de gènes : elles répondent aux changements environnementaux par une grande flexibilité de leur programme d'expression des gènes mais également par une capacité spectaculaire à générer de la diversité génétique.
Ces bactéries sont également d'une grande importance économique, et indirectement connues du grand public, grâce à leur métabolisme secondaire prolifique ; elles produisent en effet de nombreux métabolites d'intérêt biomédical (antibiotique, antiviraux, anticancéreux), agronomique (herbicide, insecticide, antifongique) ou biotechnologique (dégradation des polymères).

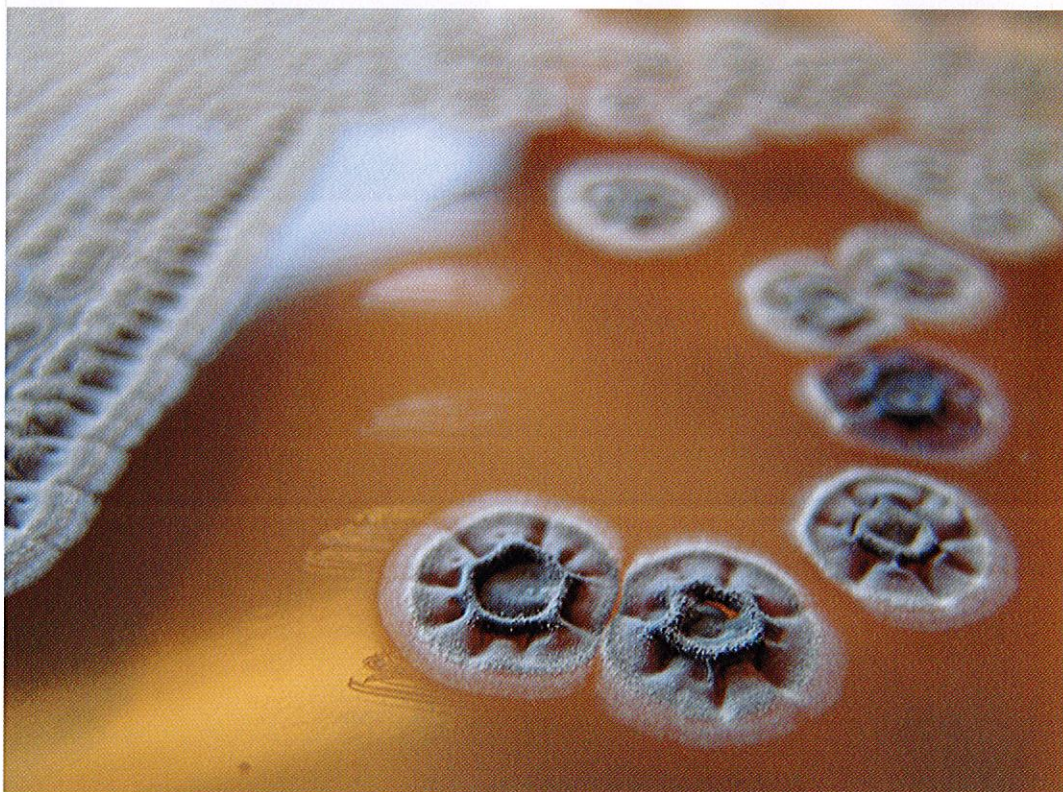


Photo : Frédéric Choulet - LGM

Colonies de *S. ambofaciens* sur milieu gélosé.

Les caractéristiques génomiques de ces bactéries sont remarquables : un génome de grande taille (environ 9-10 mégabases) fortement enrichi en bases guanine et cytosine (72%), et à l'instar des cellules eucaryotes, la présence d'un chromosome linéaire. Elles sont également connues de longue date par les généticiens pour leur instabilité génétique et génomique spectaculaire ; les régions terminales du génome étant le siège de ré-arrangements génétiques de grande ampleur (délétions, translocations, amplifications, fusions chromosomiques). Les séquençages récents des génomes de *Streptomyces coelicolor* (2002) et *Streptomyces avermitilis* (2003) ont révélé une organisation très particulière avec des régions terminales spécifiques d'espèce, et vraisemblablement dépourvues de gènes essentiels, corroborant les analyses de la plasticité du génome.

Quels sont les mécanismes évolutifs du chromosome linéaire des bactéries du sol du genre *Streptomyces* ? Quelle est la part du transfert horizontal d'information génétique dans la variabilité génomique chez ces bactéries ? Ce sont les questions auxquelles une équipe de l'UMR 1128 Génétique et Microbiologie (université Henri Poincaré - Nancy 1) ont tenté de répon-

Biblio

[1] Choulet F., Aigle B., Gallois A., Mangenot S., Gerbaud C., Truong C., Francou F.-X., Fourrier C., Guérineau M., Decaris B., Barbe V., Pernodet J.-L. and P. Leblond. Fast evolution of the terminal regions of the Streptomyces linear chromosome. *Molecular Biology and Evolution*. 2006, **23**: 2361-2369.
[2] Choulet F., Gallois A., Aigle B., Mangenot S., Gerbaud C., Truong C., Francou F.-X., Borges, F., Fourrier C., Guérineau M., Decaris B., Barbe V., Pernodet J.-L.and P. Leblond. Intraspecific variability of the terminal inverted repeats of the linear chromosomal DNA of Streptomyces ambofaciens. *Journal of Bacteriology*. 2006, 188(18):6599-6610.

Colonies de *S. ambofaciens* sur milieu de production d'antibiotique.

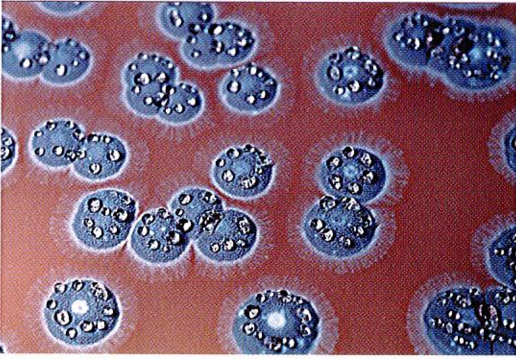


Photo : Bertrand Aigle - LGM

dre par le séquençage et l'analyse du génome de l'espèce *Streptomyces ambofaciens* [1].

Notre unité a entrepris en collaboration avec le Génoscope (CNS, Évry) et l'Institut de Génétique moléculaire (IGM) d'Orsay (J.-L. Pernodet), le séquençage partiel du génome de la bactérie *Streptomyces ambofaciens*. Cette espèce est une proche parente évolutive de *S. coelicolor* mais éloignée de *S. avermitilis*. Ainsi, la comparaison génomique à faible (*S. ambofaciens/S.coelicolor*) et longue (*S. ambofaciens/S. avermitilis*) distances phylogénétiques fournit une vision dynamique de l'évolution de ce génome bactérien.

Ainsi, le génome de cette *S. ambofaciens* apparaît comme compartimenté, avec une région centrale conservée entre les différentes espèces et des régions terminales contenant des gènes spécifiques. Ces régions variables correspondent à 10 à 20% de la taille totale du génome selon les espèces comparées.
Comment ces régions spécifiques sont-elles apparues au cours des temps évolutifs à partir du génome de l'ancêtre commun ? Les analyses de génomique comparée ont révélé deux mécanismes distincts à l'origine de cette diversification.

• Des échanges d'extrémités ont été décelés par comparaison entre souches de la même espèce [2]. Ces échanges peuvent impliquer soit des extrémités de plasmides linéaires (courant chez ce genre bactérien) ou de chromosomes. Il faut mentionner qu'une autre bactérie du sol, du genre *Rhodococcus*, possède également un chromosome linéaire et pourrait constituer un partenaire favorable pour des échanges terminaux. Ce type d'événement, bien qu'avéré, ne permet pas de générer la structure chromosomique que nous avons identifiée ; en effet, il se substitue à l'ensemble des gènes depuis le point de recombinaison jusqu'à l'extrémité chromosomique.

• En revanche, un autre mécanisme a été identifié en comparant le niveau de conservation de l'ordre des gènes ancestraux. En effet, à la jonction entre les régions conservées et spécifiques, de multiples événements d'insertion, délétion, remplacement de séquences contenant au plus quelques gènes sont venus rompre la conservation de l'ordre ancestral des gènes. De façon frappante, la fréquence de ces événements s'accroît de la région centrale vers les extrémités chromosomiques. Ainsi, les régions terminales sont des sites d'acquisition d'information génétique issue de "transfert horizontal". L'origine des séquences acquises est à rechercher chez les organismes présents dans la même niche écologique et dont les caractéristiques génomiques sont approchantes (composition en bases GC élevée notamment).
Ainsi, ce flux de gènes accru dans les régions terminales du chromosome linéaire des bactéries du sol jouerait un rôle majeur dans leur adaptation à l'écosystème sol, et la compartimentation génétique qui en découle constitue une situation originale chez les bactéries. Notre équipe s'intéresse aux mécanismes moléculaires à la base de cette force évolutive.

Parmi les gènes impliqués dans l'adaptation, les gènes codant des métabolites dits "secondaires" (c'est-à-dire non essentiels à la croissance végétative) occupent une part importante chez les *Streptomyces*. Le décryptage du génome de *S. ambofaciens* a permis d'identifier de nouveaux gènes présentant un intérêt potentiel dans les bio-industries (antibiotique, antifongique, antitumoral). Une espèce de *Streptomyces* est le plus souvent isolée et exploitée pour la production d'un unique métabolite (antibiotique), alors que le génome recèle de nombreuses voies de biosynthèse silencieuses ou "cryptiques". Une dizaine de groupes de gènes nouveaux permettant la synthèse de métabolites jusqu'alors insoupçonnés a été identifiée au cours du décryptage de ces régions chez *S. ambofaciens*. Nous recherchons à exploiter ces gènes par la recherche des métabolites correspondants et de leurs activités biologiques (notamment à intérêt agronomique). Enfin, la localisation préférentielle de ces gènes dans les régions terminales suggère qu'ils sont fréquemment échangés. Dans le contexte de la dissémination des gènes de résistance aux antibiotiques et de l'émergence de résistance chez les bactéries pathogènes, il faut souligner que les gènes de biosynthèse sont le plus souvent physiquement associés aux gènes de résistance au sein de "clusters" (groupe) de gènes. Les *Streptomyces* étant un réservoir de gènes de biosynthèse de métabolites, ils constituent par là-même un réservoir de gènes de résistance. L'étude des mécanismes du transfert horizontal chez les *Streptomyces* revêt donc une importance majeure.

Pierre Leblond,
UMR 1128 INRA - université Henri Poincaré Nancy 1
Faculté des Sciences et Techniques, Vandœuvre-lès-Nancy
leblond@nancy.inra.fr

Visualisation de la production d'un pigment orangé associé à une nouvelle activité antibiotique par *S. ambofaciens* (mutants déficients en haut à droite).



Photo : Bertrand Aigle - LGM



Vue du mycélium aérien et de spores de *S. ambofaciens* au microscope électronique.
Photo : Thomas Wenner - LGM

Instabilité génétique chez *S. ambofaciens* : multiples phénotypes observés dans une même descendance.

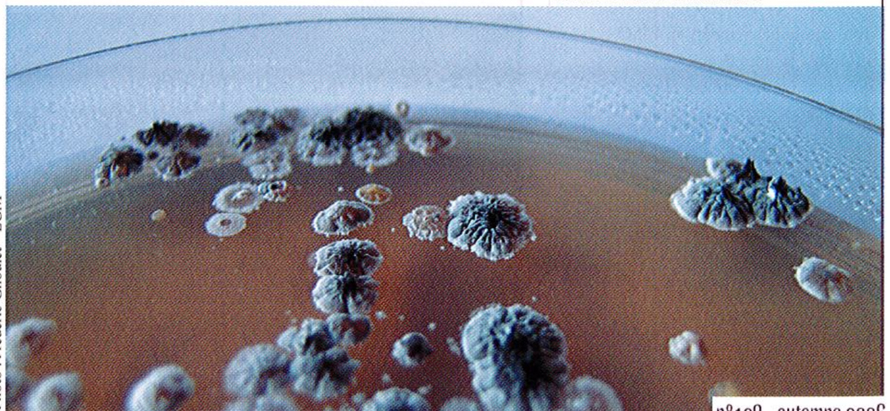


Photo : Frédéric Choulet - LGM

Actualités scientifiques

Un caractère d'hypertrophie musculaire, le gène "culard", décodé chez le mouton

Chez les ovins, comme dans d'autres espèces, il existe des races dites bouchères présentant une forte muscularité, utilisées pour améliorer la qualité des animaux de boucherie. Pour certaines lignées belges ou hollandaises de la race ovine Texel qui présentent un fort développement musculaire, *a priori* sans altération des qualités sensorielles de la viande, l'hypothèse de l'existence d'un gène majeur de type "culard" avait été émise depuis plusieurs dizaines d'années. Dans le cadre d'une collaboration étroite entre l'INRA et l'université de Liège, des travaux ont été entrepris depuis dix ans pour caractériser ce caractère "hypermusclé" et identifier le gène responsable. Les résultats révèlent aujourd'hui un nouveau type de régulation génétique. Une mutation génétique sur le gène codant pour la myostatine, protéine qui limite naturellement la croissance musculaire, entraîne l'inhibition de l'expression de cette protéine, et par conséquent une hypertrophie musculaire, en créant sur l'ARN transcrit une cible illégitime pour des micro-ARNs. Cette mutation originale se révèle par ailleurs d'un grand intérêt zootechnique. (*Nature Genetics* 2006 [1]).

[1] A mutation creating a potential illegitimate microrna target site in the myostatin gene affects muscularity in sheep
Nature Genetics 38, 813 - 818 (2006)
Published online: 4 June 2006;
doi:10.1038/ng1810
http://www.nature.com/ng/journal/v38/n7/abs/ng1810.html

Alex Clop [1,6], Fabienne Marcq [1,6], Haruko Takeda [1,6], Dimitri Pirottin [1,6], Xavier Tordoir [1], Bernard Bibé [2], Jacques Bouix [2], Florian Caiment [1], Jean-Michel Elsen [2], Francis Eychenne [2], Catherine Larzul [2], Elisabeth Laville [3], Françoise Meish [1], Dragan Milenkovic [4], James Tobin [5], Carole Charlier [1] & Michel Georges [1]

[1] Unit of Animal Genomics, Department of Animal Production, Faculty of Veterinary Medicine & Centre for Biomedical Integrative Genoproteomics, University of Liège (B43), 20 Boulevard de Colonster, 4000 Liège, Belgium.
[2] INRA-station d'Amélioration génétique des Animaux, BP 52627, 31326 Castanet-Tolosan Cedex, France.
[3] INRA - unité Qualité des Produits Animaux, Theix, 63122 Saint-genès-Champanelle, France.
[4] INRA/université de Limoges, unité de Génétique moléculaire animale, 87060 Limoges Cedex, France.
[5] Cardiovascular and Metabolic Diseases, Wyeth Research, 87 Cambridge Park Drive, Cambridge, Massachusetts 02140, USA.
[6] These authors contributed equally to this work.

La muscularité se définit par l'épaisseur des muscles rapportée aux dimensions du squelette. C'est un caractère économique important qu'on évalue après l'abattage au moyen de la note de conformation de la carcasse. Un projet pluridisciplinaire impliquant des chercheurs de l'INRA et de l'université de Liège (ULG) a été lancé en 1995 pour caractériser ce phénotype hypermusclé et rechercher le gène éventuellement impliqué. Ce projet a été validé et financé par l'ANR Genanimal, Apis-Gène et la région Wallone.

4 années de croisements

Pour localiser la région du génome susceptible de porter le gène de l'hypertrophie musculaire, les chercheurs de l'INRA de Clermont-Ferrand-Theix et de Toulouse ont réalisé des croisements entre races Texel Belge hypermusclée et Romanov à très faible développement musculaire. Dans un premier temps des brebis de race Romanov ont été croisées avec des mâles Texel belges hypermusclés pour générer une population de mâles et de femelles (F1) supposés hétérozygotes. Dans un second temps, ces animaux ont été croisés entre eux pour donner une population F2. L'intérêt de ces croisements est d'offrir une population expérimentale possédant globalement la moitié des gènes des 2 races parentales, mais présentant une forte variabilité génétique s'il existe un gène majeur. Sur quatre années consécutives, deux cent cinquante huit descendants ont ainsi été obtenus.
Sur ces animaux, les chercheurs ont réalisé un grand nombre de mesures phénotypiques pour caractériser la composition corporelle, la morphologie et la composition musculaires, les dépôts de gras.



Gédéon, champion des antenais aux 7 concours auxquels il a participé en 2005 et notamment champion national à Bruxelles. Gédéon a par la suite été acheté par le CISO, Centre d'Insémination et de Sélection Ovine, Faulx-les Tombes (Belgique).
Photo : Robrecht van den Broek - ©CISO

Agneaux à un concours de descendance.



Tous nos remerciements au CISO ainsi qu'à Jacques Bouix, qui nous ont procuré ces photos.



Echo.



Décontracté.

Photos : Marianne Raes - ©CISO

Une mutation génétique responsable de l'hypertrophie musculaire

Dans un premier temps, des analyses génétiques reposant sur 153 marqueurs microsatellites ont mis en évidence une zone du génome (QTL) sur le chromosome 2 incluant le gène de la myostatine (GDF8), une protéine présentant un effet majeur sur les caractéristiques musculaires. Des mutations conduisant à la perte de fonction de ce gène avaient déjà été décrites chez la souris, les bovins et l'homme présentant des hypertrophies musculaires ce qui en faisait le candidat idéal pour le "gène Texel". Cependant le séquençage de la région codante et l'expression des ARN messagers de GDF8 n'ayant révélé aucun polymorphisme fonctionnel, ce gène-candidat avait été abandonné.

En poursuivant les recherches et en réalisant notamment des études de cartographie fine et d'expression de cette région du génome, les chercheurs ont identifié 11 gènes surexprimés chez les animaux portant le QTL Texel. De même des études de protéomique recherchaient un polymorphisme d'expression des protéines lié au QTL.

Retour à la myostatine. Dans le même temps, l'étude de la descendance de 2 béliers F2 présentant une recombinaison dans la zone proche du QTL (2cM) venait affiner la localisation dans une zone incluant le gène de la myostatine, GDF8. Le réexamen de la zone aboutissait à 20 mutations ponctuelles d'un nucléotide (élément constitutif du gène) ou SNPs hors de la région codante. Parmi ces 20 mutations, deux étaient spécifiques des animaux hypertrophiés, et l'une d'elles présentait une fréquence d'expression de 99% chez le Texel hypertrophié. La mutation va perturber la fabrication de la protéine, la myostatine, en créant un site cible illégitime pour des microARNs sur les ARNs transcrits, entraînant leur dégradation. Les ARNs transcrits sont des molécules, issues de l'ADN, qui sont reconnues par la machinerie cellulaire pour fabriquer les protéines. Par conséquent, la myostatine ne peut pas être fabriquée normalement et l'inhibition de l'expression de cette protéine a pour conséquence l'hypertrophie musculaire.

Une mutation d'intérêt agronomique

La découverte de ce nouveau type de régulation de l'expression d'un gène ouvre de vastes perspectives pour la compréhension des mécanismes à l'origine de la variabilité phénotypique.

Le mécanisme mis en jeu est vraisemblablement à l'origine d'une certaine régulation du phénotype de l'hypertrophie qui n'aboutit pas à une transformation majeure de la morphologie de l'animal. Cela conduit à une mutation d'intérêt agronomique laissant envisager un épaississement des masses musculaires sur l'ensemble de la carcasse, sensiblement plus marqué sur le gigot, et une réduction de l'état d'engraissement. Ainsi, l'introgression (introduction par croisements successifs) de cette mutation est en cours depuis 2003 dans une population (GEBRO, Groupement des Éleveurs de Brebis du Bassin de Roquefort) de la race Lacaune.

D'après *Presse info* du 9 novembre 2006
Contact : *Elisabeth Laville*,
Qualité des produits, Clermont-Ferrand-Theix

Répartition et histoire des truffes dans l'hémisphère Nord

L'existence des truffes est connue depuis l'Antiquité. Les Grecs et les Romains leur prêtaient des vertus magiques et aphrodisiaques. Leur origine paraissait alors bien mystérieuse. L'intérêt gastronomique pour les truffes débute véritablement à la Renaissance, même si au Moyen Âge, celles de Bourgogne semblaient être appréciées à la table des rois de France.

Région de Huidong, Sichuan, Chine, zone productrice de truffes noires (*T. indicum* et *T. pseudoexcavatum*) sur parcours à ovins à *Pinus yunnanensis*.



Photo : François Le Tacon

C'est au dix-neuvième siècle que commence réellement l'intérêt pour la consommation de truffe noire en France et le développement de sa culture par plantations de chênes. La truffe devient progressivement un mythe célébré ainsi par Jean Henri Fabre en 1857 [1] :

Les truffes sont des champignons, mais leur organisation s'éloigne beaucoup de celle des agarics et des bolets ; elles sont souterraines : leur développement s'effectue en entier sous terre. Ce sont des tubérosités charnues, arrondies, dont la chair est marbrée de veines où se forment les spores.

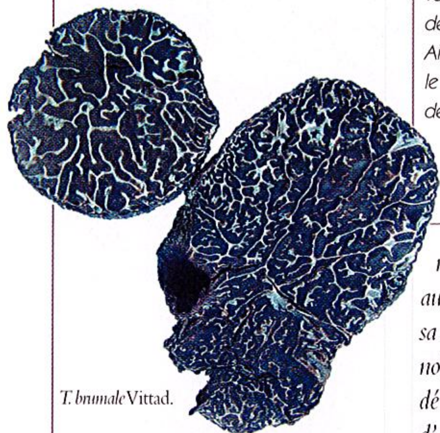
La truffe noire, de si grand renom culinaire, est arrondie, noire ou grise, dépourvue de toute espèce de racine ; sa surface est

Une partie de ce travail a fait l'objet d'une thèse présentée à l'université Henri Poincaré à Nancy par Yongjin Wang, sous la direction de François Le Tacon, avec la collaboration de Sylvain Jeandroz et de Claude Murat. Ce travail a aussi bénéficié de la collaboration de Zhuming Tan et de Da Chen Zhang. Cette thèse a fait l'objet de trois articles publiés. Un quatrième est en cours de soumission (Molecular phylogeny and historical biogeography of the genus *Tuber*).

❶ Dans ses célèbres *Souvenirs entomologiques* [2],
Fabre, qui a découvert que des insectes pouvaient être utilisés pour localiser les truffes, ajoute :

À diverses reprises, j'ai eu la bonne fortune d'accompagner un chien des mieux experts en son métier. Certes il ne payait pas de mine, l'artiste que je désirais tant voir travailler : chien quelconque, placide et réfléchi, disgracieux, mal peigné, non admissible aux intimités du coin du feu. Talent et misère fréquemment vont de pair.
Son maître, célèbre rabassier (Rabasso est le nom provençal de la truffe, d'où le terme de rabassier pour désigner un chercheur de truffes) du village, convaincu que mon dessein n'était pas de lui dérober ses secrets et de lui faire un jour concurrence, m'admit en sa compagnie, gracieuseté non prodiguée. Du moment que je n'étais pas un apprenti, mais un simple curieux qui dessinait et mettait par écrit les choses végétales souterraines, au lieu d'apporter à la ville mon sachet de trouvailles, gloire de la dinde aux fêtes de la Noël, l'excellent homme se prêta de son mieux à mes vues.
Ainsi conduite, l'herborisation souterraine fut très fructueuse. De son nez perspicace, le chien me fit indifféremment récolter le gros et le menu, le frais et le pourri, l'inodore et l'odorant, le parfumé et l'infect. J'étais émerveillé de ma collection, comprenant la majeure partie des champignons hypogés de mon voisinage.
Quelle variété de structure et surtout de fumet, qualité primordiale en cette question de flair ! Il y en a sans rien autre d'appréciable qu'un vague relent fongique, qui partout se retrouve, plus ou moins net. Il y en a qui sentent la rave, le chou pourri ; il y en a de fétides, capables d'apuantir l'habitation du collectionneur. Seule la vraie truffe possède l'arôme cher aux gourmets.

▼ Truffes d'Europe


T. brumale Vittad.


T. mesentericum Vittad. = *T. bituminatum*


T. aestivum Vittad.
Truffe de la St-Jean, truffe d'été.
Europe, Afrique du Nord.


Tuber melanosporum Vittad., truffe noire du Périgord. France, Italie, Espagne.

Photos : Dominique Vairelles

relevée de petites éminences ou verrues prismatiques. C'est au commencement de l'hiver qu'elle arrive à maturité. Alors sa surface est très noire et couverte de fines verrues, sa chair est noirâtre et marbrée de veines blanchâtres, son parfum est décidé. Les truffes viennent au voisinage d'un grand nombre d'arbres très différents, mais principalement des chênes et des châtaigniers. Elles préfèrent les terrains argileux, mêlés de sable et de parties ferrugineuses, où la chaleur et la pluie pénètrent aisément. Celles du Périgord sont les plus estimées.

Rien n'indique la présence des truffes dans le sol, si ce n'est une odeur particulière difficilement sensible pour l'homme, mais très sensible pour les porcs, qui recherchent ces champignons avec une avidité extrême. On conduit donc ces animaux dans les terrains à truffes ; aussitôt qu'ils fouissent en un lieu plus particulièrement, on accourt, on les éloigne et avec une petite bêche on déterre la truffe. On récompense l'animal avec un gland pour l'encourager à continuer ses recherches et ses fouilles. Comme il faut une grande surveillance du porc, qui souvent dévore la truffe avant que l'on ait eu le temps d'accourir, on dresse des chiens à cette recherche. (voir ❶)

En 1857, on ne savait pas encore que les truffes vivaient en symbiose avec les arbres. L'hypothèse d'une association avec les chênes (chênes truffiers) avait cependant déjà été émise, mais Fabre n'y croyait pas. À la fin du dix-neuvième siècle, un forestier allemand, Frank, est chargé de percer le mystère des truffes afin d'en améliorer la production dans son pays. En 1885, il découvre les associations symbiotiques entre arbres et champignons et appelle *mycorhizas* les organes mixtes que forment les racines des arbres et leurs associés fongiques. À peu près au même moment, Chatin suggère à nouveau que les truffes sont le fruit d'une association symbiotique avec des arbres.

Taxonomie

Après la Renaissance, l'Italie devient le berceau des travaux de recherches sur la truffe. Au début du dix-huitième siècle, Micheli crée le genre *Tuber* et décrit deux espèces. À la fin du dix-huitième siècle, De Borsch publie à Milan un ouvrage sur les truffes et reconnaît trois espèces dont les truffes noires et les truffes blanches. Toujours à Milan, Vittadini fait faire des progrès considérables à la taxonomie des truffes en décrivant 13 nouvelles espèces [3]. Un peu plus tard, c'est au tour de Français, les Frères Tulasne, de se pencher sur la classification des truffes. Ils prennent en compte divers caractères macroscopiques ou microscopiques dont l'ornementation des spores et aboutissent à la différenciation de vingt et une espèces. En 1938, un autre Français, Malençon, propose 32 taxons. Depuis, le nombre d'espèces référencées s'est multiplié, en particulier avec la découverte des espèces d'Amérique du Nord et de Chine. *Index Fungorum* répertorie 227 espèces, sous-espèces ou variétés. Cependant, beaucoup d'espèces ont été mal identifiées ou mal décrites et le nombre d'espèces valides sur le plan taxonomique ne devrait pas dépasser 70. Selon nos propres travaux et ceux d'autres auteurs [4], toutes les espèces s'organisent en huit groupes (voir ❷).

❷ Les huit groupes de *Tuber*

- ***Macrosporum*** (Europe) Ce groupe comprend une espèce comestible, la truffe lisse, *T. macrosporum*.
- ***Magnatum*** (Europe) Ce groupe ne comprend qu'une seule espèce, comestible, la prestigieuse truffe blanche du Piémont, *T. magnatum*.
- ***Panniferum*** (Europe) Ce groupe ne comprend qu'une espèce sans intérêt gastronomique, *T. panniferum*.
- ***Aestivum*** (Europe et Afrique du Nord) Ce groupe comprend trois espèces comestibles, la truffe d'été *T. aestivum*. (Europe et Afrique du Nord), la truffe de Bourgogne *T. uncinatum* (Europe) et la truffe mésentérique *T. mesentericum* (Europe). Scientifiquement, *T. aestivum* et *T. uncinatum* semblent ne former qu'une seule espèce [6]. Le dernier accord interprofessionnel INTERFEL "truffes fraîches" du 16 octobre 2006 les distinguent.
- ***Excavatum*** (Europe et Afrique du Nord) Ce groupe ne comprend qu'une espèce sans intérêt gastronomique, *T. excavatum*.
- ***Rufum*** (Asie, Europe, Afrique du Nord, Amérique du Nord) Ce groupe est organisé en au moins cinq sous-groupes et ne contient pas d'espèces comestibles.
- ***Melanosporum*** (Europe et Asie) Ce groupe, divisé en deux sous-groupes, comprend plusieurs espèces comestibles, la truffe noire du Périgord *T. melanosporum* (Europe), la truffe brumale *T. brumale* (Europe) et les truffes noires d'Asie, *T. indicum* et *T. pseudoexcavatum*.
- ***Puberulum*** (Asie, Europe, Afrique du Nord, Amérique du Nord) Ce groupe est organisé en au moins quatre groupes. Il comprend deux espèces comestibles, en Europe, la blanquette, *T. borchii* et en Amérique du Nord, la truffe d'Oregon, *T. gibbosum*.

Répartition

Le genre *Tuber* ne se rencontre que dans l'hémisphère nord entre 25° et 60° de latitude dans des climats très différents : tropicaux d'altitude, méditerranéens, tempérés ou tempérés froids, continentaux ou continentaux froids. Le développement des ascocarpes [1] nécessite de bonnes conditions d'alimentation hydrique. Les truffes n'existent donc pas dans les climats arides, encore qu'il soit possible d'en trouver en Mongolie intérieure dans des conditions où la pluviosité annuelle est voisine de 350 mm.

Les truffes d'Europe

Les huit groupes de truffes sont représentés en Europe avec 32 espèces taxonomiquement valables [5]. Les groupes *Panniferum*, *Macrosporum* et *Magnatum* se rencontrent uniquement en Europe. Une des latitudes les plus nordiques (57°) est celle de l'île de Gotland en Suède où *T. aestivum* a été récemment étudié [6]. *T. rufum* a cependant été trouvé en Norvège à une latitude encore plus élevée (60°) [5]. La plupart des truffes européennes se rencontrent sur des sols carbonatés à pH supérieur à 7. La truffe d'été se rencontre cependant sur des sols plus acides à pH inférieur à 7 et jusqu'à des pH de 6, voire plus acides de 5,5. Les deux espèces les plus prisées sur le plan gastronomique sont la truffe blanche du Piémont, *T. magnatum* et la truffe noire du Périgord, *T. melanosporum* [2].

Les truffes d'Afrique du Nord

Actuellement il n'existe que peu de données sur les espèces de *Tuber* se développant en Afrique du Nord.

Ascocarpes de *T. indicum* et *T. excavatum* séchés en lamelles chez un commerçant de Huili, Sichuan, Chine.



Photos : François Le Tacon

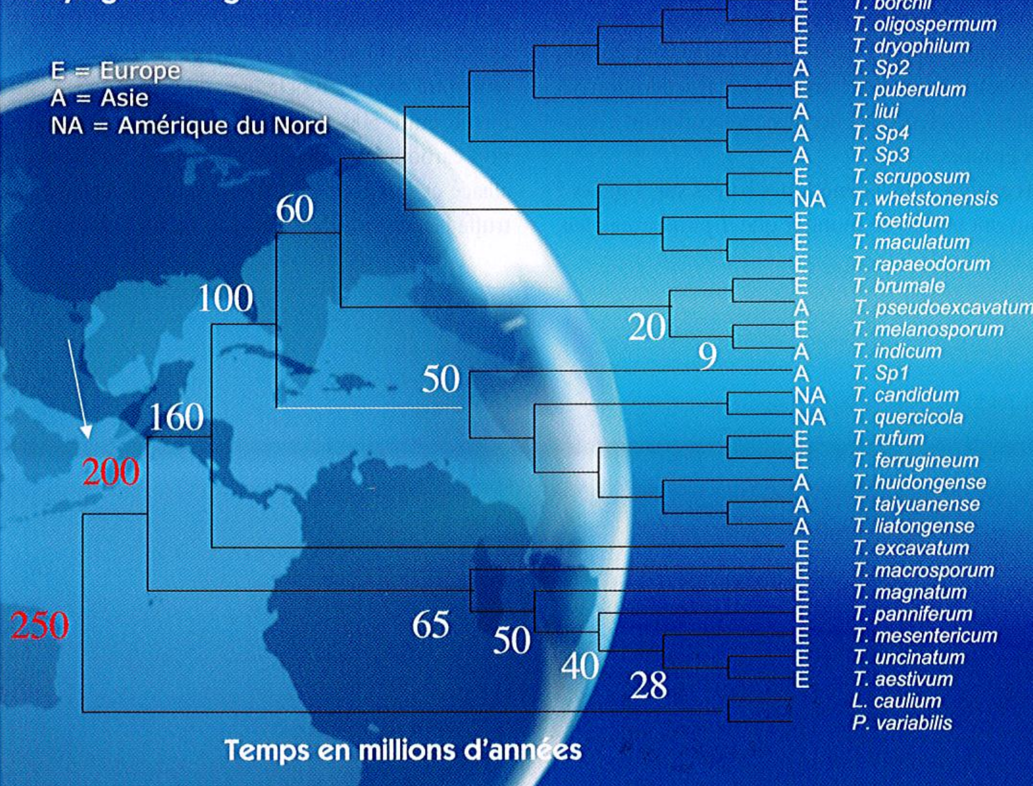
Quatre groupes (*Aestivum*, *Excavatum*, *Puberulum* et *Rufum*) sont présents avec pour l'instant seulement cinq espèces répertoriées : *T. aestivum*, *T. excavatum*, *T. oligospermum*, *T. puberulum* et *T. rufum*. En Afrique du Nord, on consomme principalement les truffes du désert qui ne sont pas des *Tuber* mais des Terfezes (genre *Terfezia*).

Les truffes d'Asie

Trois groupes, *Melanosporum*, *Puberulum* et *Rufum* sont représentés en Asie avec 15 à 20 espèces, la plupart découvertes ces vingt dernières années. *T. indicum*, la truffe noire asiatique, a cependant été décrite à la fin du dix-neuvième siècle en Inde.



Ascocarpes de *T. indicum* dans leur gangue de sol juste après la récolte, région de Huidong.



[1] Corps fructifères des champignons Ascomycètes auxquels appartient le genre *Tuber*. L'ascocarpe produit des ascospores ou spores sexuées par méïose.

[2] À l'automne 2006, le prix moyen de la truffe blanche à Alba (Italie) était de 3 000€/kg (http://www.tuber.it/), mais en fonction de la production et de la taille (quelques dizaines de grammes à plus de 1 kg), elle peut être vendue beaucoup plus cher. Par exemple, le 13 octobre 2005 à Londres, une société de Hong Kong a acheté une truffe blanche du Piémont de 1,2 kg pour la somme de 64 000 livres (92 500€). La plus grosse truffe blanche, jamais mise aux enchères a été adjugée en novembre 2006, en Italie à Grinzane Cavour. D'un poids de 1,5 kg, elle a été adjugée à 125 000€.
En décembre 2003, après la sécheresse, la truffe noire du Périgord atteignait 1 500€ le kg sur le marché de Périgueux et 3 000 à Paris. Fin novembre 2006, aux marchés de gros, la truffe noire du Périgord ne dépassait pas 400€ le kg dans le Sud de la France (600€ le kg au détail). Mais, au moment des fêtes de fin d'année, les prix ont tendance à augmenter. En octobre 2006, la truffe de Bourgogne atteignait 400€ le kg sur le marché de Pulnoy, près de Nancy, ou sur celui de Pont-à-Mousson.

▼ Truffes d'Asie


T. indicum
Cooke & Massee.
Truffe noire d'Asie, Chine.


T. pseudoexcavatum
Wang et al.

Photos : Dominique Vairelles

Sur le plan morphologique, *T. indicum* se différencie difficilement de *T. melanosporum*. Son parfum est très proche mais moins intense. Les ascocarpes qui arrivent en Europe ont perdu leur parfum d'origine pendant le transport et n'ont aucun intérêt gastronomique. Souvent, ces ascocarpes, récoltés depuis plusieurs semaines, présentent même une odeur désagréable.
Les contreforts de l'Himalaya (Inde, Bengladesh, Pakistan, Chine) sont très favorables à la production de la truffe noire asiatique. *T. indicum* peut se développer jusqu'à 3500 m d'altitude en Inde et en Chine. L'altitude moyenne est de l'ordre de 2500 m. En Chine, à ces altitudes, entre 25 et 30° de latitude nord, la température moyenne annuelle est de 15°C. Au mois de janvier, à la maturation des ascocarpes, la température moyenne est comprise entre 6 et 8°C. Au-delà de 3000 m, il peut cependant geler. La pluviosité est élevée. Le plus souvent, elle est de l'ordre de 1100, mais peut dépasser 2000 mm au-dessus de 3000 m d'altitude. D'autre part, il n'y a pas de stress hydrique au moment de la différenciation des ascocarpes en juin et juillet. En effet, les pluies sont concentrées pendant les mois d'été où, de plus, la température n'est jamais excessive. Les sols sont rarement carbonatés. Ce sont le plus souvent des oxysols ou des oxysols brunifiés, la plupart du temps saturés. Nous avons cependant récolté *T. indicum* dans des sols ayant un pH inférieur à 5.
Les conditions édaphiques et climatiques du Yunnan et du Sichuan, deux provinces du centre et du sud de la Chine, sont particulièrement favorables à la production d'espèces appartenant au groupe des truffes noires asiatiques. Des millions d'hectares de formations forestières ouvertes et pâturées produisent d'énormes quantités de truffes noires, exportées depuis une vingtaine d'années en Europe et au Japon [3].
Les conditions écologiques d'autres régions de Chine, comme la Mongolie intérieure ou les provinces du Liaoning, Beijing, Hebei, Shanxi, Gansu et Xizang sont beaucoup moins favorables à la fructification des truffes. On y rencontre des espèces appartenant à d'autres groupes.
Des analyses phylogénétiques basées sur 4 gènes [4] nous ont permis de montrer que *T. pseudoexcavatum*, bien que sans parfum, appartient au groupe des truffes noires. Cette espèce est aussi récoltée et commercialisée avec *T. indicum*. Génétiquement, *T. pseudoexcavatum* est proche de l'espèce européenne *T. brumale*, alors que le complexe *T. indicum* est proche de *T. melanosporum* [7,8]. Les 4 espèces de truffes noires de Chine *T. indicum*, *T. sinense*, *T. himalayense* et *T. pseudohimalayense,* ne semblent pas pouvoir être distinguées morphologiquement, ni microscopiquement. Les études phylogénétiques et de populations, que nous avons effectuées, montrent que ces 4 espèces pourraient n'en former qu'une, *T. indicum*, présentant en Chine deux écotypes liés à une recolonisation postglaciaire du Sud vers le Nord.
Les autres truffes de Chine ont été étudiées grâce aux spécimens conservés en herbier et récoltés depuis 25 ans dans toute la Chine. L'analyse des régions nucléaires ITS1, ITS2 et de la large unité mitochondriale (mt LrRNA) montre que tous ces échantillons se répartissent en deux groupes, le groupe *Rufum* et le groupe *Puberulum* [9]. Au moins trois espèces ou sous-espèces chinoises appartiennent au groupe *Rufum* : *T. liaotongense*, *T. taiyuanense* et *T. huidongense.* Dans le groupe *Puberulum*, les espèces de Chine appartiennent aussi au moins à trois espèces ou sous-espèces.

Les truffes d'Amérique du Nord

En Amérique du Nord, les truffes se rencontrent au Canada, aux États-Unis et au Mexique. Elles ne semblent exister que sur la côte ouest. Les premières espèces du genre *Tuber* ont été décrites en Californie à la fin du dix-neuvième siècle. Il existe un peu plus d'une vingtaine d'espèces actuellement reconnues, appartenant à deux groupes, les groupes *Rufum* et *Puberulum*. Une espèce, *T. gibbosum*, ou truffe blanche d'Oregon, appartenant au groupe *Puberulum*, est depuis peu commercialisée. Cette espèce est essentiellement associée au Douglas *Pseudotsuga menziesii*. On la rencontre dans les Rocheuses, du Canada à la Californie, entre 500 et 1500 m d'altitude, sur des sols non carbonatés, d'origine volcanique. Son parfum alliacé et son goût sont très proches de ceux de la truffe blanche du Piémont mais moins puissants [5].

[3] La truffe noire de Chine peut se négocier actuellement en France aux environs de 40€ le kg.

[4] Codant pour la région 5.8S-ITS2, la bêta-tubuline, la protéine Kinase C et le facteur d'élongation EF-1alpha.

[5] La truffe blanche d'Oregon se négocie en moyenne à 150 US $ par livre (238€ le kg). Une truffe noire d'Oregon (*Leucangium carthusianum*), qui n'appartient pas au genre *Tuber*, se négocie actuellement entre 100 et 200 US $ par livre.


Photos : François Le Tacon

Région de Huidong, zone productrice de truffes noires *(T. indicum* et *T. excavatum)* sur parcours à bovins à *Pinus yunnanensis*.

Une espèce récemment découverte en Amérique du Nord [10], *T. sylviae*, pourrait appartenir au groupe *Melanosporum*, ce qui reste cependant à confirmer.

Recherches sur l'histoire de leurs origines et de leurs migrations

Les reconstructions phylogénétiques couplées aux informations concernant les aires de distribution actuelles des espèces peuvent permettre de reconstituer la biogéographie historique d'un groupe taxonomique, c'est-à-dire de retracer la succession des évènements (historiques) qui ont conduit à la répartition géographique actuelle des espèces. Ces analyses consistent dans un premier temps à déterminer les aires de distribution ancestrales au niveau des différents nœuds de l'arbre phylogénétique en prenant en compte un nombre minimal d'événements de type dispersion, vicariance [6] ou extinctions.

L'utilisation d'analyses dites de l'horloge moléculaire, basées sur le taux de mutation constant de gènes comme la bêta-tubuline, a permis également de dater la divergence entre les principaux groupe du genre *Tuber*. L'ensemble des données ainsi obtenues nous a permis de construire un scénario biogéographique probable.

Il semble avoir existé un berceau commun, euro-asiatique ou européen, à toutes les espèces du genre *Tuber*. Nous avons estimé l'apparition de l'ancêtre commun du genre *Tuber* à environ 250 millions d'années, probablement avant la séparation de la Laurasia du Gondwana. Deux lignées semblent avoir rapidement divergé, une lignée strictement européenne et une lignée asiatique.

La lignée européenne, qui ne comprenait pas les truffes noires, s'est diversifiée et a donné naissance à quatre groupes toujours situés en Europe, *Aestivum* (comprenant la truffe d'été), *Panniferum*, *Magnatum* (comprenant la truffe blanche du Piémont) et *Macrosporum* (comprenant la truffe lisse). La truffe d'été a ensuite tardivement migré vers l'Afrique du Nord en contournant la Méditerranée.

La seconde lignée, asiatique, a conduit aux quatre autres groupes : *Excavatum*, *Rufum*, *Melanosporum* et *Puberulum*. À l'intérieur de ce phylum, le groupe *Excavatum* s'est d'abord individualisé et a gagné l'Europe, puis l'Afrique du Nord, tout en s'éteignant en Asie. Les échanges Asie-Europe ont ensuite été rendus impossibles par l'existence du détroit de Turgaï qui séparait la Sibérie de l'Europe. Après la disparition de ce détroit, il y a environ 30 millions d'années, les échanges ont repris entre l'Europe et l'Asie. C'est ainsi que les groupes *Rufum* et *Puberulum* ont gagné l'Europe et l'Afrique du Nord, tout en se diversifiant en Asie. Nous proposons un berceau commun Euro-asiatique ou Asiatique pour l'ensemble des truffes noires avec deux spéciations successives, l'une datant d'environ 20 millions d'années (séparation *T. brumale* de *T. pseudoexcavtum*) et l'autre de 9 millions d'années (séparation *T. indicum* de *T. melanosporum*).

Aux termes de nos dernières analyses, il ne semble pas que la colonisation de l'Amérique du Nord se soit faite par le pont qui unissait l'Europe à l'Amérique du Nord avant la formation complète de l'Atlantique Nord (50 millions d'années). La colonisation de l'Amérique du Nord par le groupe *Rufum* (différencié il y a environ 50 millions d'années) et le groupe *Puberulum* (différencié vers environ 40 millions d'années) semble s'être faite par une autre voie, le passage terrestre de Behring qui unissait, lors d'une phase de climat chaud en partie forestière, l'Asie et l'Amérique du Nord entre moins 16 millions et moins 3,5 millions d'années. Ces échanges à travers le passage de Behring sont extrêmement complexes. Le modèle que nous avons utilisé n'exclut pas des passages dans les deux sens et même la recolonisation de l'Europe par des espèces du groupe *Puberulum* ayant préalablement migré vers l'Amérique via l'Asie.

Une collaboration vient de s'établir avec les États-Unis d'Amérique, la France, la Chine et l'Italie. Nous disposerons dans les mois qui viennent de nombreuses séquences supplémentaires d'espèces américaines, ce qui nous permettra d'affiner l'histoire très complexe du genre *Tuber*. Une comparaison des séquences entières du génome de plusieurs espèces fongiques permettra de mieux résoudre l'évolution des truffes. Un premier pas dans cette direction sera bientôt réalisé grâce à la prochaine disponibilité de la séquence du génome de la truffe noire du Périgord, travaux réalisés au Genoscope, sous la responsabilité de Francis Martin, par plusieurs chercheurs de l'INRA, associés à des universités italiennes et belges.

François Le Tacon, Sylvain Jeandroz, Claude Murat et *Yongjin Wang* ■

[6] Vicariance : deux espèces sont dites vicariantes lorsqu'elles sont phylogénétiquement très proches, mais occupent des régions éloignées ou très éloignées. Nous pouvons considérer que la truffe noire du Périgord, *T. melanosporum*, et la truffe noire de Chine, *T. indicum*, sont des espèces vicariantes.

François Le Tacon
INRA, UMR 1136,
INRA/université Henri Poincaré,
Interactions arbres micro-organismes, Nancy
le_tacon@nancy.inra.fr

Sylvain Jeandroz
UMR 1136, INRA/université Henri Poincaré,
Interactions arbres micro-organismes,
Faculté des Sciences et Techniques,
Vandœuvre-les-Nancy

Claude Murat
Dipartimento di Biologia Vegetale
dell'Università di Torino, Viale Mattioli, Italy

Yongjin Wang
Emerging Viruses Unit, Institut Pasteur
of Shanghai / Chinese Academy of Sciences,
Shanghai, China

Biblio

[1] Fabre H. (1857). Notes sur le mode de reproduction des truffes. In *Bulletin de la Société d'Agriculture et d'Horticulture du Vaucluse*, Avignon.

[2] Fabre H. (1879 à 1907) Souvenirs entomologiques, 10 volumes.

[3] Vittadini C. 1831. *Monographia Tuberacearum*. Éd. Rusconi, Milano.

[4] Riousset, G., Riousset, L., Chevalier, G. and Bardet, M.C. (2001) *Truffes d'Europe et de Chine*. INRA Paris.

[5] Ceruti, A., Fontana, A. and Nosenzo, C. (2003) *Le Specie Europee del Genere* Tuber, *Una revisione storica*. Museo regionale di scienze Naturali, monographie XXXVII.

[6] Weden, C, Danell E., Camacho F. J. and Backlund A. (2004) The population of the hypogeous fungus *Tuber aestivum* syn. *T. uncinatum* on the island of Gotland. *Mycorrhiza*, 14, 19 – 23.

[7] Wang, Y.J., Tan, Z.M., Zhang, D.C., Murat, C., Jeandroz, S. and Le Tacon, F. (2006a) Phylogenetic relationships between *Tuber pseudoexcavatum*, a Chinese truffle, and other *Tuber* species based on parsimony and distance analysis of four different gene sequences. *FEMS Microbiology Letters*, 259, 269-281.

[8] Wang, Y.J., Tan, Z.M., Zhang, D.C., Murat, C., Jeandroz, S. and Le Tacon, F. (2006b). Phylogenetic and populational study of the *Tuber indicum* complex. *Mycological Research*, 110, 1034-1045.

[9] Wang, Y.J., Tan, Z.M., Murat, C., Jeandroz, S. and Le Tacon, F. (2007) Molecular taxonomy of Chinese truffles belonging to the *Tuber rufum*- and *Tuber puberulum*-groups. *Fungal Diversity*, 24, 301-328.

[10] Bonito, G., Vilgalys, R., Isikhuemhen, O.S., Trappe, J.M. (2006) Phylogeny of North American Truffles. North Carolina Agricultural and Technical State University, Greensboro; Duke University, Durham, Oregon State University, Corvallis. Joint Meeting of the American Phytopathological Society, Canadian Phytopathological Society, Mycological Society of America, July 29-August 2, Quebec City, Qc, Canada.

Le Point

L'écologie microbienne du sol

Vers une approche intégrée

Les sols comportent une densité de micro-organismes pouvant atteindre 10^9 germes par gramme et de formidables niveaux de diversité (quelques dizaines à centaines de milliers de taxons bactériens par gramme). Ces micro-organismes contribuent à la formation des sols, aux cycles géochimiques, à la santé et la croissance des plantes. Ils constituent un fantastique réservoir de biodiversité qu'il est important de préserver. Les progrès méthodologiques récents permettent d'avoir un meilleur accès à cette microflore, essentielle au fonctionnement des écosystèmes terrestres, mais cachée.



La série d'articles présentée dans *INRA mensuel* fait suite à un numéro de *Biofutur* dédié à l'écologie microbienne des sols auquel le lecteur pourra se reporter pour plus d'informations*. Le réseau d'écologie microbienne du sol et des milieux aquatiques**, animé par Philippe Lemanceau, Xavier Le Roux et Francis Martin, est à l'origine des recherches développées ici. Ce réseau créé à l'initiative des départements Environnement et Agronomie, Écologie des Forêts, Prairies et milieux Aquatiques, Santé des Plantes et Environnement, regroupe les microbiologistes INRA travaillant sur les sols et les milieux aquatiques, associés aux collègues d'autres institutions (CEMAGREF, CIRAD, CNRS, Enseignement Agronomique, IRD, université). C'est à la demande des départements concernés que ce document a été repris dans *INRA mensuel*.

Philippe Lemanceau, Xavier Le Roux et Francis Martin

* Nous remercions la revue *Biofutur* de nous avoir autorisés à reprendre intégralement l'introduction de son dossier consacré à "L'écologie microbienne des sols" (juillet-août 2006, n°268, 22-57), ainsi que la structure de celui-ci composée avec la même logique, choisie pour avoir un niveau d'intégration croissant : du moléculaire vers la modélisation. Les textes qui constituent ce "Point sur..." sont des condensés de leurs articles que les auteurs ont bien voulu rédiger en faisant un remarquable travail de synthèse dans un délai vraiment court. Grâce à chacun d'eux et à l'implication de Philippe Lemanceau, cette synthèse peut paraître sur un thème de recherches en plein développement dont les conséquences sur notre environnement mais également sur nos aliments sont fortes et passionnantes et cependant encore assez méconnues. La plupart des recherches présentées ici font ce constat ; souhaitons que ces pages contribuent à l'atténuer. *INRA mensuel*

** ECOMIC, http://www.dijon.inra.fr/ecomic/

La microflore tellurique joue un rôle essentiel dans la formation, l'évolution et la géochimie des sols. Cette microflore est principalement hétérotrophe [1]. Les plantes (autotrophes, [2]) constituent la source primaire de composés organiques qui permettent l'activité et la multiplication des populations microbiennes. Ces populations sont denses et diversifiées ; les sols constituent ainsi un réservoir exceptionnel de gènes différents qui déterminent des activités variées.
Lors de la dégradation, du transfert, de la minéralisation et de la remobilisation des composés organiques, libérés par les plantes ou résultant d'activités anthropiques (amendements organiques, apports de pesticides...), la microflore tellurique contribue de façon active au cycle du carbone. D'une façon plus générale, elle participe aux cycles géochimiques tels que celui de l'azote (fixation de l'azote atmosphérique, ammonification, nitrification, dissimilation des oxydes d'azote anioniques et formation d'oxydes d'azote gazeux, ...), du soufre, du phosphore, du fer (réduction du Fe^{+++}, sidérophores, ...), des éléments-traces métalliques (spéciation, biodisponibilité, ...). Ces cycles géochimiques, notamment celui de l'azote, sont étroitement liés au cycle du carbone du fait de la dépendance de la microflore hétérotrophe à l'égard des composés organiques. De plus, la matière organique interagit avec les éléments précités en influençant en particulier leur état et leur biodisponibilité pour la microflore.

Outre sa contribution aux cycles géochimiques liée à des activités enzymatiques, à la production de métabolites variés et/ou à la modification de l'environnement physicochimique (pH, pO_2, ...) qu'elle détermine, la microflore influence aussi la croissance et la santé des plantes. Cette influence peut être négative dans le cas des agents phytopathogènes, ou positive dans le cas des populations mutualistes, symbiotiques ou non. Ces populations peuvent déterminer un effet bénéfique direct sur la plante en contribuant à son alimentation minérale et/ou en stimulant sa rhizogenèse en particulier dans le cas des champignons mycorhizogènes (nutrition en phosphore), des rhizobia (fixation biologique de l'azote atmosphérique) et d'une manière générale aux bactéries rhizosphériques stimulatrices de la croissance des plantes, ou en stimulant ses réactions de défense (*Induced Systemic Resistance*, ISR), mais aussi un effet bénéfique indirect en réduisant la croissance et l'activité des agents phytopathogènes (antagonisme microbien). Le sol peut constituer également un réservoir de pathogènes animaux et humains (*Salmonella, Pseudomonas aeruginosa, Listeria*, ...) dont la présence ou l'émergence résulte en particulier d'activités anthropiques telles que l'épandage de déchets d'origines végétale (déchets verts), animale (lisiers, fumiers) ou humaine (boues de station d'épuration).

Un patrimoine à préserver

D'une façon plus générale, les perturbations environnementales, en particulier les activités anthropiques, influencent la qualité des sols. C'est le cas de certaines pratiques agricoles telles que la rotation des cultures, les amendements organiques, l'application de pesticides (herbicides, fongicides tels que les produits à base de cuivre, ...). C'est également le cas de pollutions d'origine industrielle (hydrocarbures aromatiques polycycliques, éléments-traces métalliques) qui peuvent parfois rendre les sols impropres à toute utilisation (friches industrielles).

Or, les sols, qui constituent un élément essentiel de notre environnement au même titre que l'air et l'eau, ne sont pas renouvelables à notre échelle de temps. Il est donc urgent de gérer ce patrimoine de façon durable. Cette préoccupation croissante se traduit en particulier au niveau européen par la création de l'agence européenne pour l'environnement [3], la préparation d'une directive européenne sur la protection des sols, et au niveau national par la création de l'Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement [4]. En contribuant à la dégradation de composés organiques xénobiotiques, à la spéciation et à la biodisponibilité des éléments-traces métalliques, à la réduction des oxydes d'azote, à la production de gaz à effet de serre (GES) et à la diminution de l'utilisation des engrais azotés coûteux en énergie fossile, la microflore tellurique influence directement la qualité de notre environnement, le sol bien évidemment mais également l'atmosphère (GES) et l'eau (NO_3^-, pesticides, éléments-traces métalliques). La microflore tellurique influence également la qualité des aliments de façon positive en contribuant à réduire l'utilisation d'intrants de synthèse (engrais azotés grâce à la fixation de N_2, fongicides grâce aux populations antagonistes et stimulant l'ISR), mais éventuellement de façon négative par la présence de micro-organismes pathogènes animaux.

En dépit de la contribution majeure de la microflore tellurique à la qualité du sol et d'une façon plus générale à la qualité de l'environnement, notre connaissance de ce compartiment biotique demeure encore très limitée. Les microbes ont pourtant été décrits pour la première fois au 16e siècle par van Leeuwenhoek lors d'observations au microscope. Mais l'étude des interactions existant entre micro-organismes, et entre les micro-organismes et leur environnement, constituant l'écologie microbienne, est une science jeune [5].

Un peu d'histoire...

Quatre périodes peuvent être identifiées pour caractériser le développement de l'écologie microbienne. Dans les années 60, les études portaient essentielle-

[1] Qui nécessite des composés organiques pour sa croissance et son développement, ces composés constituant leurs sources de carbone et d'énergie.

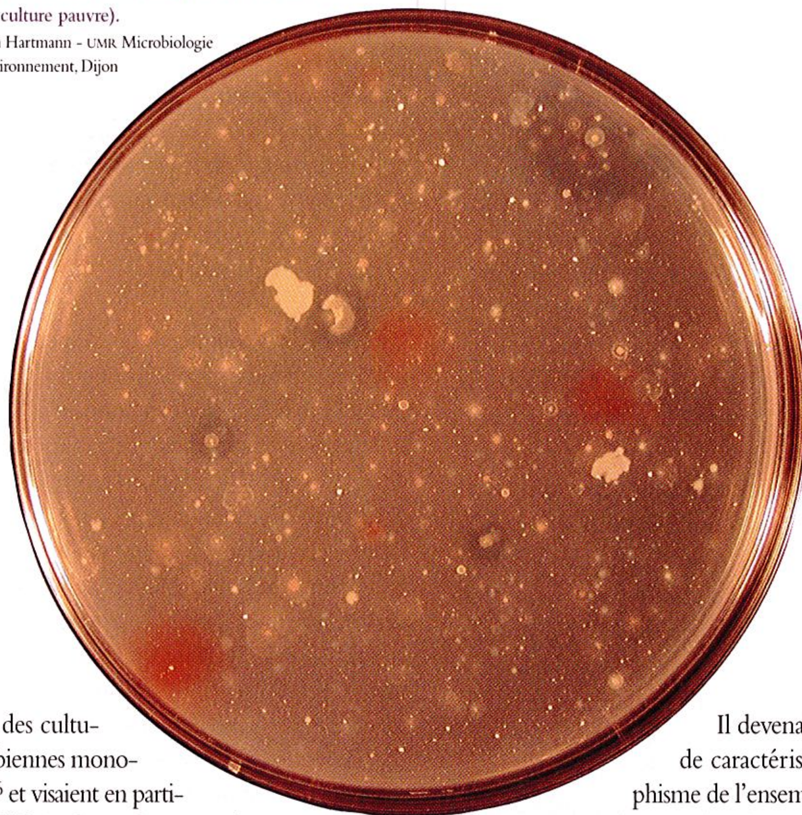
[2] Qui peut se développer en l'absence de composés organiques exogènes, ces composés provenant de la réduction du CO_2 atmosphérique lors de la photosynthèse dans le cas de la majorité des végétaux.

[3] //ec.europa.eu/environment/soil/index.htm

[4] www.afsse.fr/

[5] Le premier symposium en écologie microbienne a eu en effet lieu en 1957 ; le premier ouvrage sur cette discipline fut publié par Brock en 1966 et les premiers journaux scientifiques dévolus à l'écologie microbienne (*Applied and Environmental Microbiology* et *Microbial Ecology*) sont apparus en 1974 et 1976.

Cultures en boîte de Pétri : diversité des différents phénotypes de colonies bactériennes issues d'un sol (milieu de culture pauvre).
Photo : Alain Hartmann - UMR Microbiologie du sol et environnement, Dijon



ment sur des cultures microbiennes monoxéniques [6] et visaient en particulier à définir des milieux et des procédures permettant l'isolement de souches microbiennes issues de l'environnement, dont la physiologie et les conditions de développement étaient ensuite étudiées *in vitro*. On voit bien les limites de ce type d'approche qui ne prenait en compte ni les interactions avec d'autres micro-organismes, ni celles avec leur habitat.

C'est pourquoi dans les années 80, le niveau d'intégration des recherches est passé de l'individu aux populations. Plus spécifiquement, les recherches conduites à cette époque visaient à caractériser l'abondance, la diversité et l'activité de populations isolées de l'environnement. L'évolution de ces recherches avait été possible grâce à des innovations techniques majeures en biologie moléculaire et en biochimie réalisées pendant cette période (électrophorèse, amplification *in vitro* de l'ADN, bioinformatique) permettant l'étude du génome de ces populations (génomique).

Cependant, des travaux publiés au début des années 90 ont mis en évidence que la très grande majorité (90 à 99,9%) des micro-organismes présents dans les environnements naturels et notamment les sols ne sont pas cultivables. Ces observations montraient clairement les limites de la stratégie poursuivie à l'époque basée sur l'isolement de micro-organismes. À partir des années 90, de nouveaux développements méthodologiques ont permis l'amplification *in vitro* de l'ADN directement extrait d'échantillons environnementaux, évitant ainsi l'étape d'isolement des micro-organismes par culture *in vitro*.

Il devenait alors possible de caractériser le polymorphisme de l'ensemble du génome microbien (métagénomique) d'échantillons environnementaux, permettant ainsi d'avoir accès à la microflore non cultivable et de passer du niveau d'intégration de la population à celui de la communauté [7].

Cependant, l'ADN de la microflore ne correspond qu'au potentiel génétique de la communauté et non à son activité. Or, outre la description de la fantastique diversité de la microflore dans la plupart des environnements naturels et notamment le sol, un des enjeux des études d'écologie microbienne est de mettre en relation la diversité génétique et les activités de la microflore afin d'étudier et de prédire le fonctionnement des communautés microbiennes et ses conséquences sur l'environnement. C'est pourquoi depuis la fin des années 90, des progrès continuent d'être réalisés dans le domaine du transcriptome (étude des ARN) et du protéome (étude des protéines) grâce au développement de méthodologies pour extraire, amplifier et caractériser les ARN et les protéines.

La prise en compte conjointe à la fois du génome (potentialité), du transcriptome, du protéome mais également du métabolome (fonctionnalité) doit nous permettre de progresser dans notre connaissance du fonctionnement biologique des sols.

Pour importants qu'ils soient, les développements méthodologiques ne sont pas suffisants. Il est en effet indispensable de bien identifier les questionnements scientifiques, de positionner les recherches et les observations réalisées dans un cadre conceptuel et enfin de valider le caractère générique des conclusions déga-



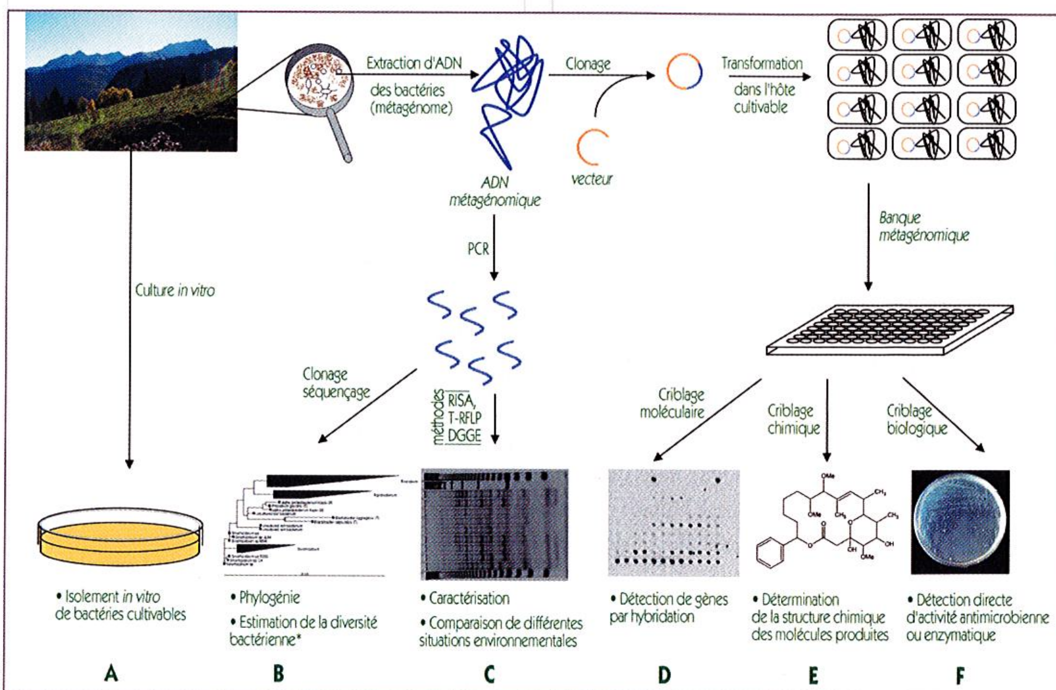
Philippe Lemanceau
INRA-Université de Bourgogne,
UMR Microbiologie du Sol
et de l'Environnement, CMSE,
17 rue Sully, 21034 Dijon cedex
lemanceau@dijon.inra.fr

Xavier Le Roux
UMR 5557 Écologie microbienne
(CNRS-université de Lyon 1,
USC INRA 1196),
Bâtiment G. Mendel,
43 Bd du 11 novembre 1918,
69622 Villeurbanne
leroux@biomserv.univ-lyon1.fr

Francis Martin
UMR INRA-UHP Interactions
Arbres/Micro-Organismes,
54280 Champenoux
fmartin@nancy.inra.fr

6 Culture constituée d'un seul organisme préalablement isolé.

7 Ensemble de populations évoluant dans un même environnement.



Approches conventionnelles et métagénomiques d'analyse des communautés microbiennes du sol
Les micro-organismes d'un sol peuvent être étudiés par une approche culturale (**A**). Cependant c'est moins de 1% des bactéries qui peut se développer sur les milieux classiquement utilisés.
L'alternative métagénomique consiste à extraire directement l'ADN des bactéries présentes dans le sol pour l'analyser ou l'exploiter. L'amplification PCR permet de cibler des gènes à critères taxonomiques ou des gènes codant une fonction écologique (**B, C**). L'autre approche consiste à cloner l'ADN métagénomique pour générer des banques d'ADN ouvrant de plus larges perspectives d'analyse et d'exploitation de la diversité bactérienne (**D, E, F**).

*Venter J.C et al. (2004) *Science*, 304, 66-74.

gées. Des concepts d'écologie tels que la résilience, la redondance fonctionnelle sont progressivement intégrés. Un des challenges des recherches en écologie microbienne du sol pour le futur sera de modéliser la dynamique des communautés microbiennes et leurs activités et de les coupler avec des modèles de flux (émission de N_2O par exemple) afin de pouvoir prédire le fonctionnement biologique des sols soumis à différentes variables de forçage.
Les articles rassemblés dans ce dossier offrent quelques illustrations de l'état de nos connaissances en écologie microbienne du sol et des indications sur les applications possibles dans ce domaine scientifique en plein développement.

Philippe Lemanceau,
Xavier Le Roux et *Francis Martin*

La métagénomique [1]

Nouvelle voie d'analyse des communautés microbiennes

Le réservoir de ressources génétiques que constitue le monde microbien demeure largement sous-exploité. Les $5x10^{30}$ cellules bactériennes de notre planète, qui représentent une biomasse totale équivalente à celle des végétaux, restent encore très mal connues. La principale raison en est la récalcitrance de l'immense majorité (99%) des bactéries à se multiplier *in vitro*. Toute la microbiologie fondamentale, médicale et industrielle depuis Pasteur s'est développée sur des (rares) isolats bactériens ne représentant qu'une infime proportion de la diversité microbienne.

Des efforts importants sont consacrés aujourd'hui à améliorer les conditions du développement bactérien *in vitro* en définissant, par exemple, des milieux de culture avec la composition physico-chimique la plus proche possible de celle existant *in situ* ; mais la détermination des conditions de croissance des micro-organismes *in vitro* reste fastidieuse et très souvent infructueuse.
Ces biais ont conduit à privilégier des approches s'affranchissant de la culture *in vitro*. C'est ainsi que depuis le début des années 1990 la microbiologie environnementale s'est dotée d'un nouveau concept en restreignant l'étude des bactéries à leur ADN directement extrait de l'environnement. La première exploitation des molécules d'ADN extraites et purifiées des milieux naturels a été dirigée sur l'estimation de la diversité des bactéries. Via l'amplification spécifique par la méthode PCR et le séquençage du gène codant la sous-unité ribosomique 16S (gène utilisé comme marqueur de l'évolution), les bases de données se sont très rapidement enrichies de nombreuses séquences venant de bactéries non cultivées. Cette approche s'est déclinée selon toute une panoplie de variantes méthodologiques (DGGE, T-RFLP, RISA...) pour caractériser très rapidement une communauté complexe. Applicables aux gènes ribosomiques comme à d'autres gènes cibles, ces techniques ont été largement utilisées pour comparer entre elles différentes situations environnementales.
L'étape ultime de ces approches de génomique microbienne environnementale consiste cependant à s'affranchir de l'étape PCR et à réaliser des banques d'ADN à partir de tout l'ADN extrait de l'environnement (l'ADN métagénomique) (figure ▲). Les banques d'ADN métagénomique qui en résultent sont ainsi constituées de clones recombinants différenciés contenant chacun un fragment d'ADN environnemental intégré dans un vecteur adapté et multiplié dans un hôte

[1] L'analyse de l'ensemble des génomes présents dans l'environnement étudié.

Le Point

bactérien domestiqué comme *Escherichia coli*. Dépendant de la diversité biologique au sein de l'écosystème, du niveau des biais d'extraction et de clonage de l'ADN, de la taille des fragments d'ADN environnementaux clonés (inserts) et du nombre de clones générés, la banque métagénomique affichera un niveau plus ou moins élevé de représentativité de la diversité bactérienne et constituera une image plus ou moins fidèle de la richesse des espèces présentes et de leur abondance relative.

L'intérêt majeur des banques métagénomiques tient cependant au fait que l'écosystème peut être analysé tant au niveau populationnel que fonctionnel. Le criblage moléculaire d'une banque d'ADN métagénomique par PCR ou hybridation va permettre d'identifier les clones porteurs d'un insert présentant une similarité de séquences avec les gènes recherchés.

À ce type de crible peuvent s'ajouter l'analyse chimique des composés produits par les clones et l'identification directe d'activités biologiques de type enzymatique ou antibactérien liées à l'expression des gènes présents dans l'insert. Ces différentes stratégies sont complémentaires, le crible moléculaire ne révélant que des gènes suffisamment conservés pour être détectables tandis que les cribles chimiques et biologiques sont susceptibles de révéler des ressources plus originales. Ces approches ont été mises à profit pour répondre à des questions d'ordre fondamental comme par exemple étudier la diversité des éléments génétiques mobiles qui permettent le transfert d'ADN entre bactéries et contribuent au potentiel adaptatif des procaryotes. D'autres applications visent à rechercher les gènes codant de nouvelles enzymes ou des gènes de résistance aux antibiotiques.

L'approche métagénomique est donc en mesure de proposer une nouvelle voie pour l'exploitation des ressources génétiques bactériennes en faisant produire par un hôte hétérologue des molécules d'intérêt pharmaceutique inexploitables par les approches traditionnelles. Mais toutes les précieuses informations que recèlent les séquences des inserts métagénomiques ont également d'autres applications renseignant sur les particularités physiologiques de l'hôte d'origine, sur son profil trophique, sa sensibilité ou sa résistance à certains composés. Nul doute que l'exploitation des banques d'ADN créées à partir de l'ADN directement extrait de l'environnement va permettre de mieux comprendre le fonctionnement physiologique de ces organismes et favoriser ainsi leur isolement *in vitro* pour un retour vers une microbiologie plus conventionnelle.

Nathalie Lombard et *Pascal Simonet*

Nathalie Lombard, Pascal Simonet
UMR CNRS 5005, laboratoire Ampère,
École Centrale de Lyon
36 avenue Guy de Collongue,
69134 Ecully Cedex
nathalie.lombard@univ-lyon1.fr

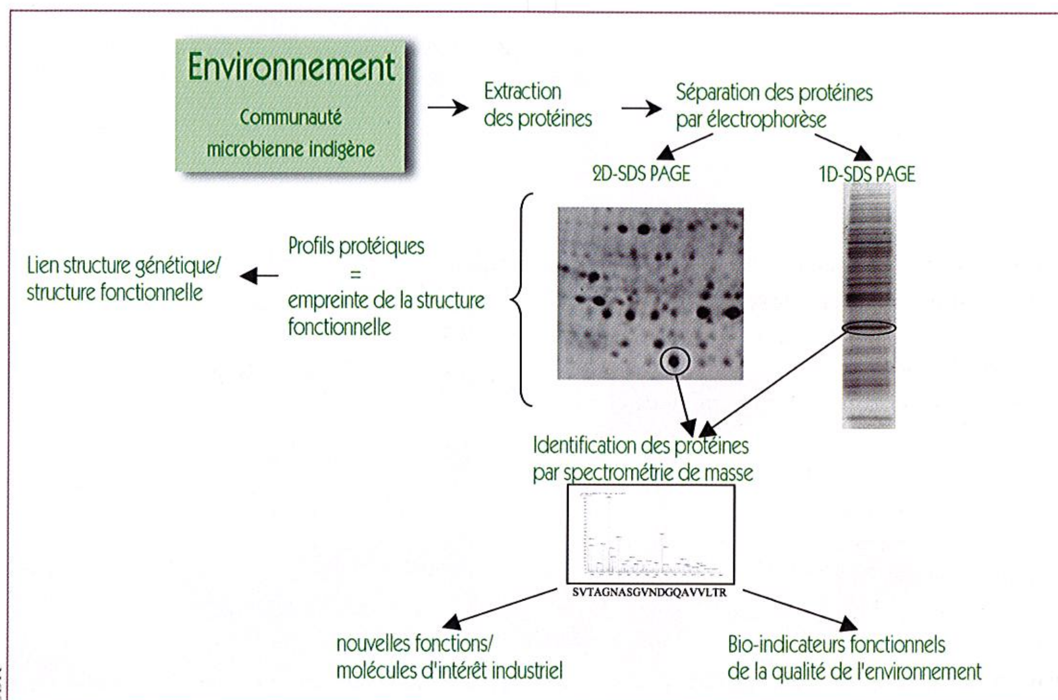
Caractériser la fonctionnalité des micro-organismes dans le sol

par l'analyse du métaprotéome

Dans l'environnement, les communautés microbiennes constituent le compartiment biologique le plus diversifié, tant d'un point de vue génétique que fonctionnel. Les micro-organismes sont responsables de nombreux processus impliqués dans les cycles bio-géochimiques et jouent donc un rôle-clé dans le fonctionnement des écosystèmes. Ils sont régulièrement soumis à des stress d'origine naturelle ou anthropique, avec des conséquences sur le fonctionnement des écosystèmes.

Malgré son rôle écologique majeur, on l'a vu, notre connaissance du monde microbien reste encore aujourd'hui très parcellaire et de nombreux progrès doivent encore être réalisés pour en améliorer la description. Ceci passe par l'utilisation ou le développement d'outils permettant de caractériser les différentes composantes des communautés microbiennes *in situ* : leur densité (nombre d'organismes composant la communauté), leur diversité génétique (composition taxonomique de la communauté), leur fonctionnalité (niveau d'expression du potentiel génétique) et leur activité (ensemble des transformations réalisées par la communauté). De la possibilité de caractériser chacune de ces composantes dépend notre capacité à établir le lien entre la diversité génétique/fonctionnelle de ces communautés et le fonctionnement des écosystèmes, ce qui constitue un des enjeux majeurs de l'écologie microbienne.

En matière de microbiologie environnementale, la composante microbienne a pendant longtemps été abordée par des approches globales de mesure de flux et de biomasse. Au cours des dix dernières années, les travaux réalisés dans le cadre du développement de la génomique ont abouti à la mise au point d'outils moléculaires basés sur la caractérisation de l'ADN extrait de l'environnement (voir l'article de N. Lombard *et al.*). Ces approches permettent d'évaluer les modifications de la structure populationnelle des communautés microbiennes (bactéries et champignons) consécutives à une perturbation mais aussi d'identifier d'un point de vue taxonomique les populations fortement impliquées dans ces modifications sans se limiter aux orga-



Stratégie mise en œuvre pour l'analyse du métaprotéome des communautés microbiennes dans leur environnement.

nismes cultivables. En revanche, elles ne renseignent pas sur le rôle des micro-organismes dans leur environnement.

Il existe à l'heure actuelle très peu de moyens d'accéder à la fonctionnalité (niveau d'expression du potentiel génétique) des communautés microbiennes *in situ*. C'est pourquoi il est nécessaire de développer de nouvelles approches globales ciblant des variables plus fonctionnelles que l'ADN et permettant de rendre compte de l'expression du potentiel génétique à l'échelle de la communauté. Les protéines, étant les entités biologiques exprimant la fonction portée par les gènes, l'analyse de l'ensemble des protéines synthétisées à l'échelle de ces communautés microbiennes (métaprotéome) apparaît pertinente pour accéder à cette fonctionnalité. Ce constat a récemment stimulé l'émergence de nouvelles approches basées sur l'analyse du métaprotéome microbien (ensemble des protéines synthétisées à l'échelle de la communauté à un temps donné) d'environnements complexes.

Dans l'ère post-génomique, ces approches bénéficient de la mise à disposition de la communauté scientifique d'un nombre croissant de génomes séquencés, ainsi que de séquences génomiques provenant de micro-organismes non cultivables. Au niveau technique, des avancées décisives ont également été réalisées pour séparer et identifier les protéines. Dans ce contexte, ces approches présentent des potentialités très importantes en terme de microbiologie environnementale. Elles doivent permettre de caractériser la fonctionnalité des micro-organismes *in situ*, et donc d'apporter le complément fonctionnel indispensable aux études génétiques actuellement réalisées pour pouvoir relier les espèces microbiennes à leur fonction [1].

Elles permettront également :

• de définir des bio-indicateurs fonctionnels de la qualité des écosystèmes

• d'améliorer la description et la prise en compte de la composante microbienne dans les modèles de fonctionnement des écosystèmes

• d'identifier de nouvelles fonctions/molécules microbiennes d'intérêt pour l'industrie pharmaceutique/ agro-alimentaire, l'agriculture...

Pierre-Alain Maron, Gwénaëlle Bestel-Corre et *Eliane Dumas-Gaudot*

Pierre-Alain Maron
Chargé de recherche INRA,
UMR Microbiologie et Géochimie des Sols, INRA/université de Bourgogne, CMSE, BP 86510, 21065 Dijon cedex
pamaron@dijon.inra.fr

Gwénaëlle Bestel-Corre
Responsable de la plateforme analyse, METabolic Explorer, Biopole Clermont Limagne, 63360 Saint Beauzire
gbestel-corre@metabolic-explorer.com

Eliane Dumas-Gaudot
Directeur de recherche INRA,
UMR 1088 INRA/CNRS 5184/UB. (Plante-Microbe-Environnement), INRA-CMSE. BP 86510.
21065 Dijon cedex
dumas@epoisses.inra.fr

Biblio

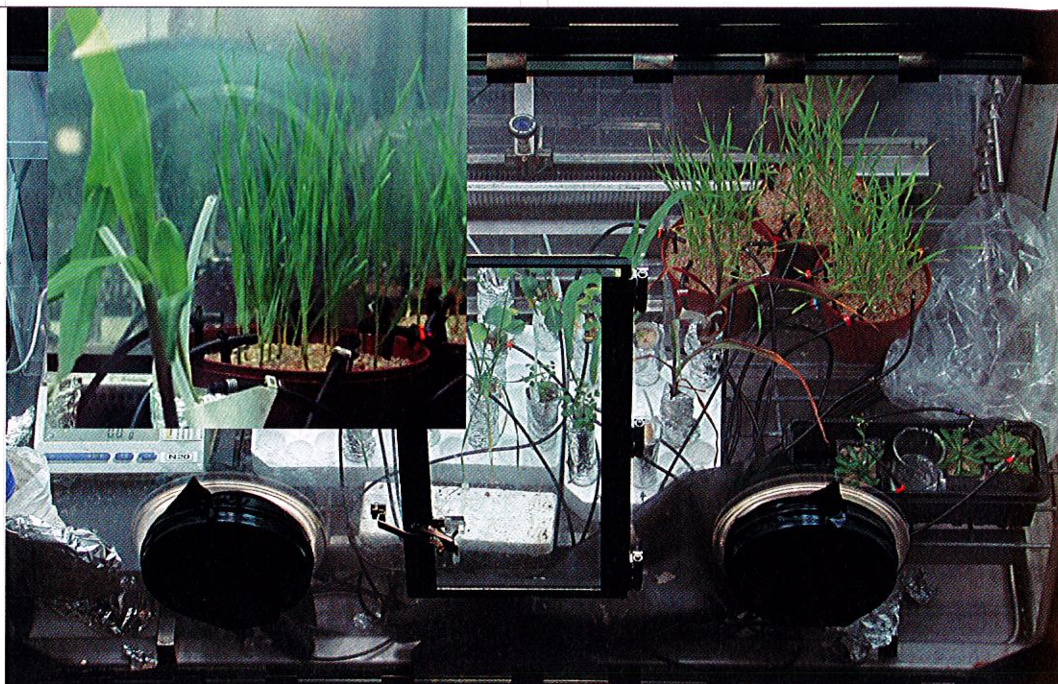
[1] Maron P.A., Ranjard L., Mougel C., Lemanceau P. Metaproteomics : a new approach for studying functional microbial ecology. *Microbial Ecology*. Sous presse.

Coupler isotopes stables et outils moléculaires en écologie microbienne

Le traçage par les isotopes stables permet maintenant d'identifier les communautés bactériennes et fongiques à l'origine de nombreuses biotransformations du carbone dans les sols.

Un verrou de l'écologie du sol : savoir qui sont les acteurs des biotransformations

Les microbes des sols sont à l'origine de biotransformations majeures sur notre planète : ils sont producteurs de plus de 200 milliards de tonnes de CO_2 par an ; ils sont émetteurs et consommateurs du méthane atmosphérique, oxydent ou réduisent l'azote, sont les agents de la dégradation de nombreux polluants et déchets organiques. Paradoxalement, notre connaissance des agents responsables de ces biotransformations est encore dérisoire, pour plusieurs raisons. La plupart des bactéries et archaebactéries sont incultivées et sont accessibles uniquement par des métho-



Production de plantes et de systèmes sol-plante dont le carbone est constitué à plus de 90% de l'isotope ^{13}C, au Groupe de Recherche Appliquées en Phytotechnologies (GRAP) du CEA à Cadarache.

Jérôme Balesdent
INRA, UR1119 Géochimie des Sols et des Eaux, F13545 Aix-en-Provence.
Jerome.Balesdent@aix.inra.fr

Feth el Zahar Haichar et *Odile Berge*
CNRS-CEA-Aix-Marseille univ., laboratoire d'Écologie Microbienne de la Rhizosphère et des Environnements extrêmes (LEMIRE), F13108 St-Paul-lez-Durance.

des moléculaires indirectes, à partir d'ADN extrait des sols. De plus, la biodiversité des micro-organismes du sol est énorme, plus de 10 000 unités taxonomiques (espèces) par poignée de terre, diversité quantifiée seulement récemment [1]. Il est dès lors très difficile de mettre des noms d'organismes en face des biotransformations observées à l'échelle macroscopique. La communauté scientifique était très démunie pour répondre à une question d'écologie fonctionnelle aussi élémentaire que celle-ci : "qui sont les agents de la biodégradation des composés carbonés dans le milieu naturel ?"

Une nouvelle clé : suivre les atomes provenant des substrats dans les ADN du sol

Pour identifier, au sein de l'ensemble énorme des organismes du sol, ceux qui ont assimilé un substrat, nous recherchons et isolons les ADN ou ARN qui ont incorporé les atomes constitutifs de ce dernier. La technique, utilisée depuis le début des années 2000, est dénommée "DNA-SIP", pour "Stable Isotope Probing" [2,3]. Nous illustrons son principe par une étude menée au laboratoire d'Écologie microbienne de la Rhizosphère et des Environnements extrêmes (LEMIRE) à Cadarache en collaboration avec des équipes INRA du département Environnement et Agronomie [4]. Il s'agissait d'identifier les communautés bactériennes du sol impliquées dans la biodégradation de la cellulose, qui est, en masse, le premier polymère biosynthétisé et biodégradé dans les écosystèmes terrestres.

• **Étape 1 :** fabrication de cellulose artificiellement enrichie en carbone-13, un isotope stable du carbone qui naturellement n'est présent qu'à 1% dans notre environnement.

• **Étape 2 :** incorporation dans le sol de cette cellulose constituée d'atomes de carbone-13 ; les microbes qui la consomment sont enrichis en carbone-13, leurs ADN aussi.

• **Étape 3 :** extraction de l'ensemble de l'ADN du sol et séparation des ADN constitués de carbone-13, dits "marqués", de ceux constitués de carbone ordinaire, par ultracentrifugation sur gradient de densité.

• **Étape 4 :** après amplification et analyse appropriées des ADN marqués, nous pouvons procéder à l'identification taxonomique des organismes impliqués, à l'analyse de la diversité de gènes de fonctions, ou encore à l'estimation de leur activité en travaillant sur les ARN au lieu des ADN. La connaissance des flux de matière peut être complétée par l'analyse du carbone-13 au niveau moléculaire des produits libérés ou formés [5], dont les acides gras des phospholipides membranaires (PLFA).

Des plantes marquées en carbone-13 pur pour identifier les micro-organismes actifs de la rhizosphère et de la résidusphère

Les moteurs du fonctionnement de l'"écosystème sol" sont la biodégradation des résidus végétaux et la consommation des exsudats et des produits racinaires. Au sein d'un réseau national, le LEMIRE à Cadarache et l'UMR INRA-université de Bourgogne de Microbiologie des Sols de Dijon se sont donné comme objectif de clarifier les relations entre biodiversité et fonction chez les acteurs du cycle du carbone, en utilisant le traçage isotopique des populations impliquées [5,6]. Le LEMIRE s'intéresse grâce à cette technique, aux processus-clés de l'interaction entre les bactéries de la rhizosphère et les racines des plantes. Dans la rhizosphère, les populations sont "sélectionnées" par la plante à des échelles de temps allant du passage d'une racine aux millénaires de co-évolution. Pour ce projet, le Groupe de Recherches et d'Applications en Phytotechnologies à Cadarache, labellisé plateforme RIO (Réseaux Inter-Organismes), a produit des plantes constituées à plus de 90% de carbone-13, une première à ce jour à notre connaissance.

Biblio

[1] Hong *et al.* (2006), *Proc. Nat. Acad. Sci.* USA 103, 117-122.
[2] Radajewski S. *et al.*, (2000) *Nature* 403, 646-649.
[3] Friedrich M.W. (2006) *Curr. Opin. Biotech.* 17, 9-66
[4] Haichar F. Z. *et al. Environ. Microb.* sous presse
[5] Derrien D. *et al.*, (2005) *Plant Soil* 267, 243-253.
[6] Bernard L. *et al.*, *Environ. Microb.* sous presse

On remarquera finalement que c'est souvent par le recours à des astuces technologiques diverses que la recherche contourne le manque de moyens d'observation directe de l'écosystème-sol.

Jérôme Balesdent,
Feth el Zahar Haichar et *Odile Berge*

Altération microbienne des minéraux : quelle importance, quels acteurs et quels mécanismes ?

L'altération microbienne des minéraux est un phénomène relativement méconnu, qui joue pourtant un rôle essentiel dans les écosystèmes en participant, conjointement aux processus abiotiques, à la libération d'éléments nutritifs-clés contenus dans les minéraux du sol. Les nutriments ainsi libérés sont indispensables à la vie des micro-organismes mais aussi à celle des plantes et des animaux. C'est pourquoi identifier et comprendre les acteurs et les mécanismes moléculaires impliqués dans l'altération biologique des minéraux s'avère essentiel, aussi bien d'un point de vue fondamental, que pour la gestion de notre environnement.

Nombreux sont les environnements où, sous l'effet de micro-organismes, l'altération des minéraux joue un rôle important. La cavité buccale en est un exemple. Les dents, véritables biominéraux, constituent un support sur lequel les bactéries peuvent se multiplier, formant d'une part, la plaque dentaire et provoquant d'autre part, une décalcification localisée : la carie. Dans le sol et tout particulièrement dans l'environnement proche de la racine, la rhizosphère, des processus d'altération tout à fait comparables s'opèrent également, permettant à la plante de mobiliser les éléments nutritifs nécessaires à sa croissance à partir des minéraux du sol. Il a été montré qu'un minéral s'altère généralement plus lorsqu'il est situé dans la rhizosphère plutôt que dans un sol dépourvu de racines. Les racines de la plante, en produisant des composés carbonés et des protons, agissent directement sur la cinétique d'altération des minéraux. Cet effet est significativement augmenté en présence de certaines souches bactériennes à fort potentiel d'altération [1]. Quant aux champignons, ils contribuent eux aussi quantitativement à la dissolution des minéraux et au transport des nutriments ainsi libérés [2].

À l'heure actuelle, les molécules produites par les micro-organismes et les gènes impliqués dans l'altération sont loin d'être tous identifiés. Curieusement, c'est pour des bactéries colonisant les environnements les plus extrêmes que les premiers mécanismes d'altération minérale ont été décrits. Dans ces environnements particuliers et selon les concentrations en oxygène, les bactéries prélèvent les nutriments et l'énergie nécessaires à leur croissance à partir de la matrice minérale, via notamment de nombreuses réactions d'oxydation (perte d'électron) et de réduction (gain d'électron) ou par la production de molécules complexantes (acides organiques, sidérophores et

Biblio

[1] Calvaruso C., Turpault M.P. and Frey-Klett, P.2006, *Appl. Environ. Microbiol.* 72(2):1258-66.
[2] Landeweert R., Hoffland E., Finlay R.D., Kuyper T.W. and van Breemen N., 2001, *Trends Ecol. Evol.* 16(5):248-254.
[3] Sand W. and Gehrke T., 2006, *Res. Microbiol.* 157(1):49-56.

Stéphane Uroz, Pascale Frey-Klett
INRA, UMR Interactions Arbres/Micro-organismes
54280 Champenoux
uroz@nancy.inra.fr

Christophe Calvaruso, Marie-Pierre Turpault
INRA, unité Biogéochimie des Écosystèmes Forestiers
54280 Champenoux

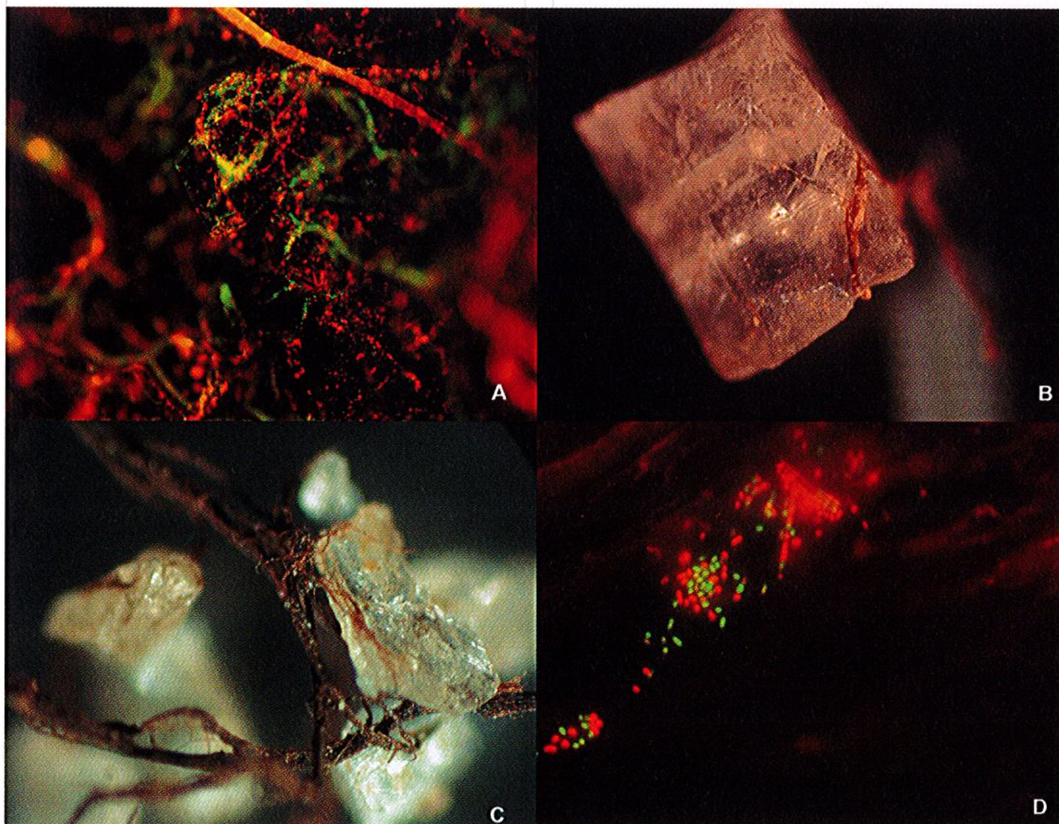
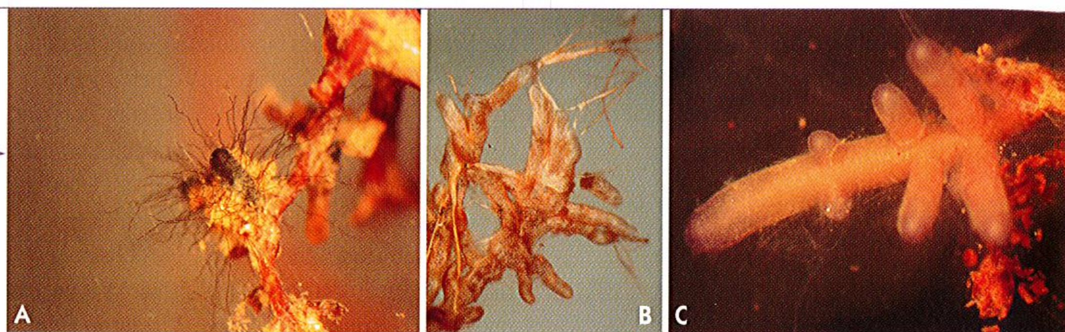


Illustration de la colonisation de surfaces minérales par des micro-organismes, observées au microscope à épifluorescence et à la loupe binoculaire. Les minéraux observés ont été enterrés pendant 4 ans sur le site forestier INRA ORE de Breuil (Morvan). A et D : Les bactéries apparaissent en rouge et en vert sur des particules de biotites. Cette coloration est due à l'utilisation d'un colorant (LIVE DEAD®). B et C : Mise en évidence de cordons mycéliens colonisant la surface de particules d'apatite et de plagioclase.

Apex ectomycorhiziens formés sur des racines de hêtre (*Fagus sylvatica*) A. *Cenococcum geophilum*, B. *Cortinarius* sp., C. *Laccaria amethystina*



exopolysaccharides). La bactérie *Acidothiobacillus ferrooxidans*, capable de vivre à pH 2, tire son énergie de l'oxydation du fer et des sulfures. Ses propriétés lui valent d'une part, d'être utilisée dans l'industrie minière pour récupérer les métaux contenus dans les minerais, et d'autre part, d'être à l'origine de processus de corrosion des canalisations métalliques. Cette bactérie utiliserait notamment des polymères extracellulaires pour former des complexes avec les cations et réaliser des réactions d'oxydation [3].

Nous vivons ainsi les prémices d'une nouvelle discipline, la géomicrobiologie des sols, dans laquelle commence à s'impliquer l'INRA et qui devrait permettre de répondre à un certain nombre de questions encore en suspens, pour la compréhension du fonctionnement biologique des sols : Quels sont les principaux acteurs microbiens du processus d'altération minéral dans les sols ? Comment évoluent-ils dans le temps et l'espace ? Quels sont les mécanismes responsables ? Aucun déterminant génétique de l'altération minérale n'étant connu à ce jour, le passage par l'étude des organismes cultivables sera un prérequis indispensable aux futures recherches. Une fois les acteurs et les gènes identifiés, des études de diversité fonctionnelle, d'expression et de localisation *in situ* pourront alors être engagées afin de mieux comprendre les processus d'altération qui régissent la fertilité des sols.

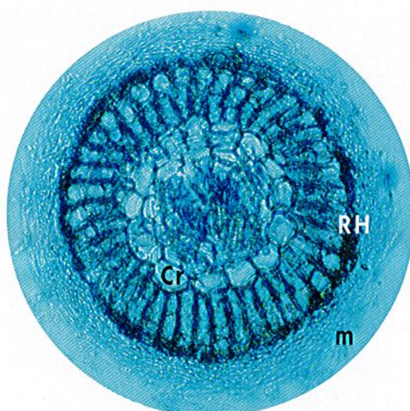
Stéphane Uroz, Christophe Calvaruso, Marie-Pierre Turpault et *Pascale Frey-Klett*

Marc Buée, Pierre-Emmanuel Courty, François Le Tacon et *Jean Garbaye*
INRA UMR1136 "Interactions Arbres/Micro-organismes"
INRA de Nancy 54280 Champenoux
buee@nancy.inra.fr

[1] Qui est capable, comme les plantes vertes, de produire ses propres composés organiques à partir de carbone inorganique (CO_2 atmosphérique) lors de la photosynthèse.

Biblio

[1] Jany J.L., Martin F., Garbaye J., 2003, *Plant and Soil* 255, 487-494.
[2] Buée M., Vairelles D., Garbaye J., 2005a, *Mycorrhiza*, 15 :235-245.
[3] Buée M., Maurice J.-P., Marçais B., Dupouey J.-L., Garbaye J., Le Tacon F., 2005b, *Forêt-entreprise*, 164 :26-32.
[4] Garbaye J., Le Tacon F., 1982, *Acta Oecologica-Oecol.* Plant. 3(17) n°2, 153-160.
[5] Courty P.-E., Pouysegur R., Buée M., Garbaye J., 2006, *Soil Biol. Biochem.* 38 :1219-1222.
[6] Luis, P., Kellner, H., Zimdars, B., Langer, U., Martin, F., Buscot, F., 2005a, *Microbial Ecology* 50, 570-579.
[7] Zeller B., Brechet, C., Maurice, JP., Le Tacon, F., (2007), *Annals of Forest Science*, (in press).
[8] Courty P.-E., Pritsch K., Schloter M., Hartmann A., Garbaye J., 2005, *New Phytol.* 167 :309-319.



▲ Coupe transversale d'une ectomycorhize de cortinaire sur chêne.
Cr. Cortex interne de la racine
RH. Réseau de Hartig, formé dans l'assise cellulaire du cortex externe de la racine
m. Manteau fongique.

Diversité et fonction des champignons symbiotiques dans les écosystèmes forestiers

Les champignons, qui occupent tous les types d'écosystèmes terrestres, s'inscrivent dans trois grands groupes fonctionnels correspondant à différentes stratégies d'acquisition du carbone :

- les décomposeurs, ou saprotrophes, qui utilisent le carbone de la matière organique morte.
- les parasites, ou pathogènes, qui détournent à leur profit le carbone d'un végétal autotrophe [1] au détriment de ce dernier.
- les symbiotes qui s'alimentent en carbone comme les parasites mais en ayant des effets bénéfiques pour l'hôte.

Les champignons ectomycorhiziens, qui appartiennent à cette dernière catégorie, interagissent avec la majorité des végétaux ligneux des forêts boréales et tempérées. Le champignon forme un manchon mycélien autour des racines fines des arbres puis ses hyphes pénètrent entre les cellules du cortex racinaire et génèrent le réseau de Hartig, zone d'échange de métabolites entre la plante et le micro-organisme. C'est via cet organe mixte (*l'ectomycorhize*) que le champignon reçoit du carbone de la plante partenaire et permet, en échange, d'améliorer l'alimentation hydrominérale de celle-ci.
Nombreux sont les facteurs qui influencent le développement de ces communautés et le maintien d'une telle diversité. Des facteurs pédo-climatiques, comme les saisons, le pH ou l'humidité du sol, ont été identifiés comme structurant les communautés d'ectomycorhizes [1,2]. De même, des perturbations d'origine anthropique, comme l'augmentation du CO_2 dans l'atmosphère ou la gestion sylvicole (coupes rases, fertilisation azotée, chaulage...) ont également un impact sur la biodiversité des écosystèmes forestiers, incluant largement les champignons. Ainsi, les éclaircies et les coupes de régénération modifient de façon spectaculaire le niveau de fructification de beaucoup d'espèces ectomycorhiziennes et le fonctionnement des mycorhizes [2,3,4]. La fertilisation et les amendements calciques ont aussi des effets très marqués sur la

fructification [4]. Enfin, l'effet des substitutions d'essences sur les communautés fongiques, et en particulier l'enrésinement, a également été décrit [3]. Certains travaux révèlent que la diversité spatiale et temporelle des espèces ectomycorhiziennes repose en partie sur leur aptitude à exploiter divers éléments du sol, expliquant ainsi leur répartition hétérogène en niche écologique [5,6]. De plus, l'analyse des variations de l'abondance naturelle du carbone13 chez les champignons forestiers a permis de confirmer que les champignons ectomycorhiziens se situaient, selon les espèces, entre le semi-saprotrophisme et le statut symbiotique strict [7]. La variété de ces traits de vie a été confirmée par l'étude d'un large éventail de fonctions exprimées par ces micro-organismes. Chaque espèce mycorhizienne peut potentiellement jouer de nombreux rôles, et en particulier contribuer à la mobilisation des éléments du sol par la sécrétion de phosphatases, de protéases ou d'enzymes ligno-cellulolytiques [2,5,8]. Différents champignons ectomycorhiziens peuvent ainsi exprimer des activités distinctes, illustrant la complémentarité fonctionnelle de ces espèces. La diversité fonctionnelle exprimée à travers un réseau ectomycorhizien varié est à la source de fonctions fongiques redondantes et complémentaires (dégradation de la matière organique, altération des minéraux, alimentation hydrominérale des arbres...), fondamentales pour la résilience de l'écosystème face aux perturbations du milieu.

Les connaissances actuelles montrent donc clairement que tout projet à long terme de gestion durable des ressources forestières doit se préoccuper de la stabilité des équilibres biologiques interactifs, dans lesquels les champignons ectomycorhiziens sont des partenaires déterminants.

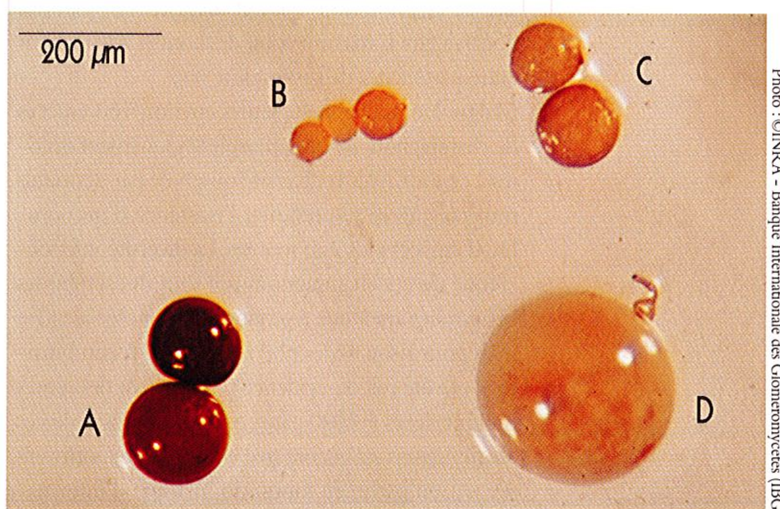
Marc Buée, Pierre-Emmanuel Courty, François Le Tacon et *Jean Garbaye*

Les communautés symbiotiques endomycorhiziennes

Les relations entre biodiversité et fonctionnement de l'écosystème sont depuis quelques années le principal objet des recherches en écologie. L'une des avancées majeures des connaissances en écologie concerne la démonstration claire d'une relation positive entre augmentation de la biodiversité et productivité des écosystèmes [1,2].

Pour mieux comprendre ce phénomène, l'activité scientifique s'est concentrée depuis une dizaine d'années sur la question de l'incidence des plantes sur la diversité des micro-organismes. À l'inverse, l'incidence des micro-organismes sur les écosystèmes ne représente proportionnellement qu'un nombre limité de travaux. Pourtant, cette écologie *"souterraine"* (action des micro-organismes du sol sur le fonctionnement de l'écosystème) a généré des avancées extrêmement significatives de notre compréhension du fonctionnement de l'écosystème lié à une vision plus intégrative de celui-ci.

La grande majorité des familles de plantes (80%) forme une symbiose entre leurs racines et des champignons telluriques appartenant à un phylum récemment érigé, les Gloméromycètes [3]. L'origine de cette symbiose, appelée symbiose endomycorhizienne à arbuscule, a été datée par des données moléculaires au Dévonien, soit au début de la colonisation de la terre par les plantes. Cette symbiose, qui se maintient depuis plus de 400 millions d'années, exerce des fonctions écologiques essentielles pour le fonctionnement des écosystèmes terrestres : nutrition, protection contre les phytopathogènes, reproduction...



▲ Exemple de spores asexuées de champignons mycorhiziens à arbuscules appartenant au genre *Acaulosporaceae* ; (B&C) *Glomaceae* et (D) *Gigasporaceae*.

Au cours de la symbiose endomycorhizienne, le champignon développe dans le sol un vaste mycélium, pouvant atteindre 20m/cm^3, augmentant d'autant le volume de prospection de la plante. Des transporteurs spécifiques des champignons mycorhiziens à arbuscules (MA) [4] captent les minéraux améliorant la **nutrition** des plantes en phosphore et en oligo-éléments, éléments généralement présents en quantités limitées et peu mobiles, car fortement liés ou séquestrés au niveau des particules de sol [4].

D'autre part, les communautés de champignons MA élicitent de manière limitée et transitoire les réactions de défense de la plante, améliorant la **phytoprotection** envers des organismes phytopathogènes [5]. Des bactéries associées aux mycorhizes synthétisant des agents antimicrobiens [6] pouvant aussi limiter les attaques pathogènes.

Ces champignons prélèvent en échange du carbone, pouvant représenter 20% du carbone total fixé par la plante, sous forme de photosynthétats [1]. Ils captent aussi de l'azote libéré lors de la décomposition de la

[1] Produits provenant de la photosynthèse des plantes.

Le Point


Diederik van Tuinen
UMR INRA1088, CNRS5184,
Univ. de Bourgogne. Plante-Microbe,
Environment, INRA-CMSE, 21065 Dijon.
tuinen@epoisses.inra.fr

Philippe Vandenkoornhuyse
Univ. de Rennes I, UMR6553
EcoBio, IFR90/FR2116 CAREN,
35042 Rennes.

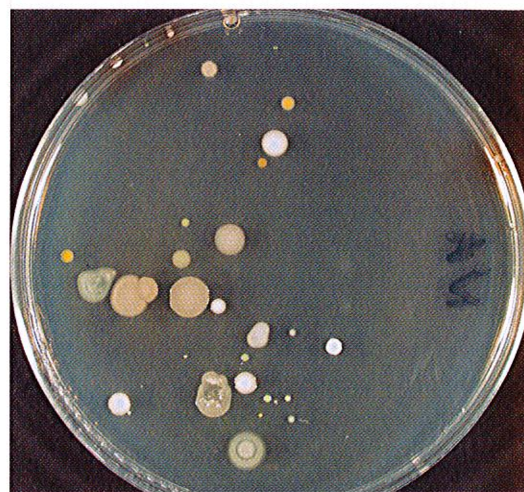
matière organique [7] qui peut être acheminé, avec le carbone, vers d'autres plantes, par l'intermédiaire du réseau mycélien redistribuant ainsi les éléments nutritifs entre les plantes.

Par ailleurs, il semble clair que l'espèce de champignons MA peut orienter le **mode de reproduction** de certaines plantes [8]. Ainsi, le ou les champignons MA colonisant une plante ont un effet direct sur la valeur sélective de leur hôte. La conséquence de ces phénomènes est le contrôle de la diversité des plantes par les communautés de champignons [9]. La composition de la communauté de champignons MA colonisant différentes espèces de plantes co-existantes diffère même pour des espèces végétales évolutivement proches [10,11] ; la relation positive entre diversité de champignons MA et diversité des plantes, pourrait être la maximisation des bonnes adéquations entre partenaires de la symbiose [12].

Malgré leur ancienneté, seules environ 160 espèces de champignons MA sont morphologiquement décrites à ce jour, mais la diversité observée par des outils moléculaires laisse présumer l'existence d'un nombre d'espèces plus importantes. La diversité infraspécifique de ces champignons qui sont des symbiotes obligatoires ayant une reproduction supposée asexuée mais pour lesquels des phénomènes de recombinaisons ont été mis en évidence [13], forment des spores multinucléées (~1000 par spores). La biologie de ces champignons est encore mal comprise et controversée [14], en partie en raison du manque d'informations sur la structure de leur génome, découlant des difficultés expérimentales inhérentes au caractère biotrophe [2] de ces organismes. Nous savons que le génome des champignons MA possède un nombre important de transposons, séquences impliquées dans l'évolution des génomes [16]. Le séquençage du génome de *Glomus intraradices*, actuellement en cours [15] apportera des informations essentielles permettant de mieux comprendre l'organisation du génome des champignons MA et fournira des outils facilitant l'étude des bases moléculaires de cette interaction symbiotique.

Diederik van Tuinen
et *Philippe Vandenkoornhuyse*

[2] Qui nécessite un autre organisme vivant pour son propre développement.


▲Cultures en boîte de Pétri : diversité des différents phénotypes de colonies bactériennes issues d'un sol (milieu de culture riche).
Photo : Alain Hartmann - UMR Microbiologie du sol et environnement, Dijon

Biblio

[1] Hector, A., Schmid, B., Beierkuhnlein, C., Caldeira, M.C., Diemer, M., Dimitrakopoulos, P.G., Finn, J.A., Freitas, H., Giller, P.S., Good, J. *et al.* (1999) *Science*, **286**, 1123-1127.
[2] Tilman, D., Wedin, D. and Knops, J. (1996) *Nature*, **379**, 718-720.
[3] Schußler, A., Schwarzott, D. and Walker, C. (2001) *Mycol. Res.*, **105**, 1413-1421.
[4] Harrison, M.J. (2005) Signaling in arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Ann. Rev. Microb.*, **59**, 19-42.
[5] Gianinazzi-Pearson, V. (1996) *Plant Cell*, **8**, 1871-1883.
[6] Selim, S., Negrel, J., Govaerts, C., Gianinazzi, S. and van Tuinen, D. (2005) *Appl. Environ. Microbiol.*, **71**, 6501-6507.
[7] Hodge, A., Campbell, C.D. and Fitter, A.H. (2001) *Nature*, **413**, 297-299.
[8] Sagan, M., Morandi, D., Tarenghi, E. and Duc, G. (1995) *Plant Sci*, **111**, 63-71.
[9] van der Heijden, M.G.A., Klironomos, J.N., Ursic, M., Moutoglis, P., Streitwolf-Engel, R., Booler, T., Wiemken, A. and Sanders, I.R. (1998) *Nature*, **396**, 69-72.
[10] Gollotte, A., van Tuinen, D. and Atkinson, D. (2004) *Mycorrhiza*, **14**, 111-117.
[11] Vandenkoornhuyse, P., Ridgway, K.P., Watson, I.J., Fitter, A.H. and Young, J.P.W. (2003) *Mol. Ecol.*, **12**, 3085-3095.
[12] Vandenkoornhuyse, P., Husband, R., Daniell, T.J., Watson, I.J., Duck, J.M., Fitter, A.H. and Young, J.P.W. (2002) *Mol. Ecol.*, **11**, 1555-1564.
[13] Vandenkoornhuyse, P., Leyval, C. and Bonnin, I. (2001) *Heredity*, **87**, 243-253
[14] Pawlowska, T.E. (2005) *FEMS Letts*, **251**, 185.
[15] Lammers, P., Tuskan, G.A., DiFazio, S.P., Podila, G.K. and Martin, F. (2004) *Mycorrhiza*, **14**, 63-64.
[16] Gollotte, A., L'Haridon, F., Chatagnier, O., Wettstein, G., Arnould, C., van Tuinen, D. and Gianinazzi-Pearson, V. (2006) *Genetica*, **128**, 455-469.

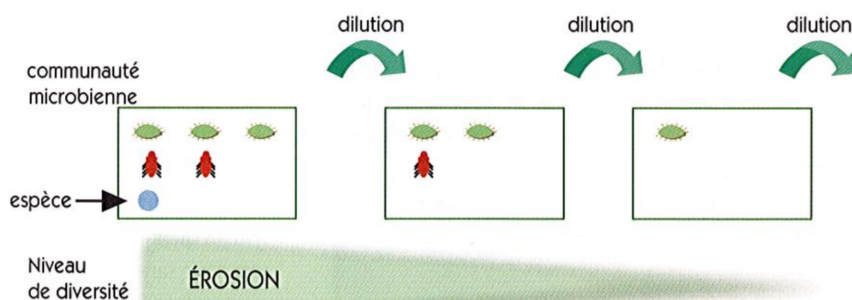
Relations biodiversité-fonctionnement chez les micro-organismes du sol

Quel est le rôle de la biodiversité pour le fonctionnement des écosystèmes ? Voici une question-clé à laquelle les écologues ont essayé de répondre durant les dernières décennies, en prenant généralement les macro-organismes comme modèles. Les études actuelles menées dans ce contexte sur les micro-organismes permettent d'apporter des réponses originales à cette question.

Évaluer le rôle de la diversité biologique - ou biodiversité - des écosystèmes pour leur fonctionnement est devenu un enjeu majeur en écologie. En effet, une érosion accrue de la biodiversité est observée sur terre sous l'effet des activités humaines [1].

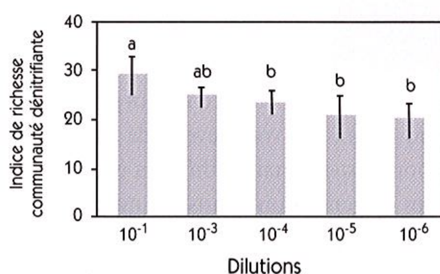
Sol prairial avec sa communauté microbienne naturelle

Érosion progressive de la diversité microbienne
par suppression préférentielle des espèces minoritaires

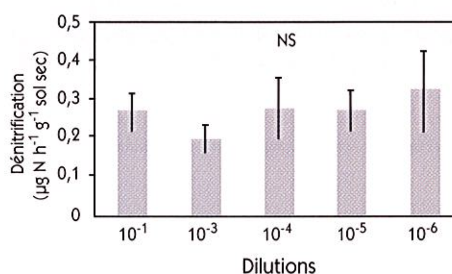


Incubation

Obtention de communautés de taille identique entre chaque niveau d'érosion



Érosion de la richesse
de la communauté dénitrifiante



Maintien du niveau d'activité
de la communauté dénitrification

Analyse de l'impact d'une érosion de la diversité des communautés microbiennes naturelles sur leur fonctionnement par suppression d'espèces. Exemple de la communauté dénitrifiante d'un sol prairial [12].

L'essentiel des études passées se sont intéressées aux macro-organismes et ont démontré que de forts niveaux de biodiversité peuvent accroître le niveau de performance des écosystèmes [2]. La présence d'une grande diversité d'espèces pouvant répondre différemment à des perturbations permet, de plus, de stabiliser le fonctionnement des écosystèmes après perturbations [2]. Très peu d'études similaires ont été conduites sur les micro-organismes. Cela peut sembler étonnant, car ceux-ci jouent des rôles essentiels pour le fonctionnement des écosystèmes.

Au-delà des difficultés méthodologiques qui rendent très difficile l'évaluation quantitative et qualitative de la diversité microbienne, une raison majeure explique qu'aussi peu d'études aient été conduites pour analyser les relations diversité-fonctionnement chez les communautés microbiennes : l'immensité de la diversité de ces communautés. On estime qu'il y a plusieurs centaines de milliers d'espèces bactériennes par gramme de sol [3,4] contre environ 9 000 espèces d'oiseaux sur terre ! Ceci a amené certains auteurs à considérer que le niveau de redondance fonctionnelle (c'est-à-dire jusqu'à quel point les espèces sont interchangeables du point de vue des fonctions qu'elles assurent) était probablement très élevé dans le cas des communautés microbiennes.

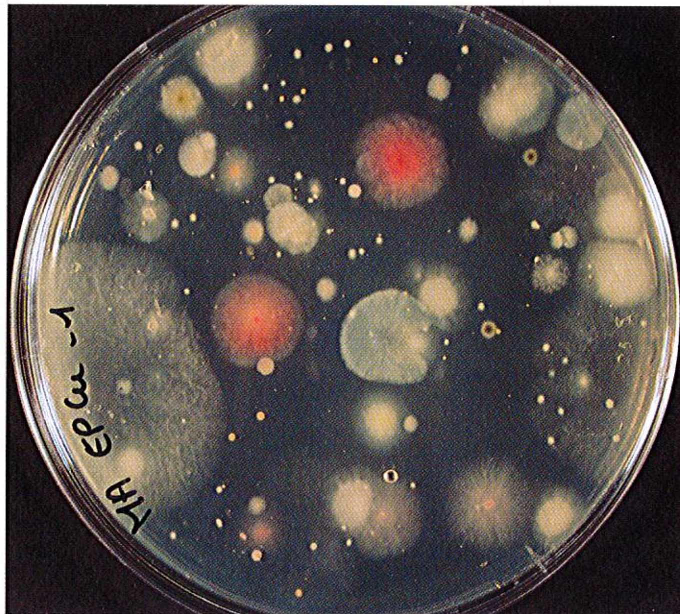
En fait, à cette grande diversité des communautés microbiennes correspond un formidable réservoir de gènes et de fonctions dont l'intérêt peut se révéler en environnement variable et en réponse à des conditions extrêmes ou nouvelles, rendant la notion de redondance fonctionnelle toute relative [5]. Un bel exemple de ceci est la constitution *de novo* chez les bactéries du sol d'un gène de dégradation du lindane, molécule de synthèse apportée par les activités humaines ; gène qui aurait été créé en quelques décennies par combinaison de matériel génétique issu de différentes espèces microbiennes dans le sol [6].

Dans ce contexte, différentes approches ont été suivies pour analyser les relations entre diversité et fonctionnement chez les communautés microbiennes. Nous ne présenterons pas ici les travaux analysant les (dé)corrélations existant entre la diversité et le fonctionnement de ces communautés par comparaison de différentes situations *in situ* [7,8,9,10]. En effet, ces études ne permettent pas d'étudier les relations causales diversité - fonctionnement microbiens, car certains facteurs co-varient avec la diversité microbienne en ce cas.

Xavier Le Roux, Valérie Degrange, Franck Poly, Sophie Wertz
Écologie Microbienne,
INRA USC 1193, CNRS-université Lyon 1 UMR 5557, IFR 41
Bio-environnement Santé, La Doua,
43 bd du 11 Novembre 1918,
69622 Villeurbanne Cedex
leroux@biomserv.univ-lyon1.fr

Laurent Philippot
Microbiologie des Sols, INRA,
17 rue Sully - B.P. 86510, 21065 Dijon.

Le Point



▲ Cultures en boîte de Pétri : diversité des colonies de champignons issues d'un sol (milieu de culture riche non spécifique).
Photo : Alain Hartmann - UMR Microbiologie du sol et environnement, Dijon

Une première approche permettant d'étudier de façon rigoureuse les relations diversité-fonctionnement correspond à la démarche de suppression d'espèces (figure). Cette approche consiste à réduire, en suivant un scénario prédéfini, la diversité de communautés microbiennes présentes *in situ*. On caractérise alors les éventuelles modifications de fonctionnement induites par cette érosion de diversité. Dans une étude menée sur la communauté microbienne du sol [11], il a été ainsi montré que la décomposition de la matière organique (fonction largement répandue chez les micro-organismes du sol) n'était pas affectée par une érosion de la diversité microbienne. Il a été montré que même le fonctionnement de communautés microbiennes moins diverses et assurant des fonctions spécialisées, comme les communautés dénitrifiantes et plus encore nitrifiantes, est largement insensible à une réduction prononcée de leur diversité [12]. Dans cette dernière étude, plus de 99% des taxons bactériens du sol ont été supprimés sans affecter le fonctionnement des communautés microbiennes !

Une autre approche permettant d'étudier les relations diversité-fonctionnement correspond à la démarche d'assemblage d'espèces. Des communautés microbiennes synthétiques présentant des niveaux de diversité différents sont constituées afin d'en étudier le fonctionnement. L'approche permet d'analyser les mécanismes d'interactions et de complémentarité existant entre espèces. De telles études ont été menées sur différents micro-organismes édaphiques [13,14,15]. Certaines de ces études ont montré une relation positive entre niveau de fonctionnement et richesse spécifique des communautés étudiées. Cependant, le nombre maximum d'espèces utilisé dans ce type d'approche ne dépasse jamais quelques dizaines ; ce qui est donc sans commune mesure avec la richesse spécifique des communautés microbiennes naturelles.

Une application plus systématique de ces approches, pour la plupart récentes, nous apprendra beaucoup sur l'importance de la diversité des communautés microbiennes pour le fonctionnement des écosystèmes et sur les mécanismes sous-jacents. Plus généralement, les micro-organismes vont devenir de fabuleux modèles pour tester certaines théories écologiques. Les temps de génération courts des micro-organismes impliquent que les réponses du fonctionnement des communautés microbiennes vis-à-vis de l'environnement intègrent à la fois des mécanismes fonctionnels, démographiques et évolutifs. Dans ce contexte, l'analyse des relations diversité-fonctionnement nécessite, dès aujourd'hui, de coupler les approches d'écologie fonctionnelle et d'écologie de l'évolution. Il y a donc là tout un pan de recherches originales et passionnantes à mener, à l'aide des théories écologiques *ad hoc*.

Xavier Le Roux, Laurent Philippot, Valérie Degrange, Franck Poly et *Sophie Wertz*

Biblio

[1] Lawton J, May R (1995) *Extinction rates*. Oxford University Press
[2] Loreau M. *et al.* (2001) *Science* 294, 804-8
[3] Torsvik V, Ovreas L (2002) *Cur Opinion Microbiol.* 5, 240-5
[4] Gans J. *et al.* (2005) *Science* 309, 1387-90
[5] Loreau M. (2004) Oikos 104, 606-11
[6] Boubakri H. *et al.* (2006) Gene (sous presse)
[7] Cavigelli M., Robertson G; (2000) *Ecology* 81, 1402-14
[8] Enwall K. *et al.* (2005) *Appl. Env. Microbiol.* 71, 8335-8343
[9] Patra A. *et al.* (2006) *Env. Microbiol.* 8, 1005-16
[10] Webster G. *et al.* (2005) *Env. Microbiol.* 7, 676-84
[11] Griffiths B. *et al.* (2001) *Soil Biol. Biochem.* 33, 1713-22
[12] Wertz S. *et al. Env. Microbiol.* 8, 2162-69
[13] Setala H., McLean M (2004) *Oecologia* 139, 98-107
[14] Van der Heijden M. *et al.* (1998) *Nature* 396, 69-72
[15] Bell T. *et al.* (2005) *Nature* 436, 1157-60

Modéliser les écosystèmes microbiens

une nécessité pour la recherche et l'industrie

L'écologie microbienne est une discipline en plein essor. Outre le fait qu'ils interviennent d'une manière croissante dans de nombreuses industries, les écosystèmes microbiens apparaissent de plus en plus comme des objets pertinents pour valider ou infirmer des concepts introduits par l'écologie théorique jusqu'alors largement dominée par l'étude de macro-systèmes.

Par rapport à ces derniers, les écosystèmes microbiens présentent plusieurs attraits importants :

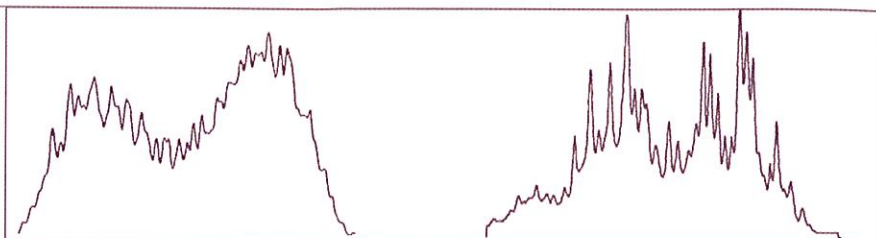
• le nombre d'individus impliqués est tel que les synthèses et les suivis par des "moyennes" sont statistiquement significatives

• le temps de génération des micro-organismes est suffisamment faible pour qu'il soit possible en peu de temps (quelques jours, semaines) d'observer leur évolution sur de nombreuses générations

• les méthodes dites d'"empreintes moléculaires" ou "molecular fingerprints" (cf. encadré) fournissent désormais des outils qui permettent de suivre *in situ* différentes populations de micro-organismes en interaction.

Du statut d'"image" d'une communauté, les méthodes moléculaires sont en train d'obtenir le statut de "capteurs" (même si un travail important reste à faire pour qu'elles puissent être utilisées en tant que telles). Ce faisant, de nombreux microbiologistes sont passés de problématiques scientifiques pouvant se résumer à la question "qui est là dans tel écosystème ?" à la problématique autrement plus ardue "qui fait quoi, avec qui et comment dans tel écosystème ?". Ces interrogations les ont logiquement amenés à rencontrer des écologues et des mathématiciens afin de formaliser ces questions sous la forme synthétique de modèles dynamiques ainsi que des ingénieurs pour réfléchir aux réalisations pratiques à mettre en œuvre pour évaluer et (in)valider leurs hypothèses de travail.

Les modèles dynamiques sont utiles dès lors que l'on souhaite réduire un phénomène (ici un écosystème) à un ensemble d'équations, ce dernier prenant alors la place de l'écosystème réel. Sur la base de considérations physiques des phénomènes mis en jeu dans la croissance bactérienne en réacteurs, nous avons par exemple récemment suggéré que les cinétiques des réactions biologiques pourraient s'avérer mieux décrites par des expressions densité-dépendantes (les cinétiques sont des fonctions non seulement de la ressource mais également de la densité de prédateurs, [1] que celles, uniquement ressources-dépendantes (les cinétiques ne dépendent que de la ressource), utilisées majoritairement jusqu'à aujourd'hui [2]. À partir de ces travaux, les questions qui se posent sont liées à l'échelle d'investigation. En effet, à l'échelle microscopique, ces changements qualitatifs dans la description des vitesses de croissance permettent d'expliquer la coexistence de plusieurs espèces en compétition sur une seule ressource là où les modèles classiques échouent dans cette prédiction [3]. En revanche, à l'échelle macroscopique où la représentation est davantage fonctionnelle, la question que l'on peut se poser est de savoir s'il faut utiliser cette classe de cinétiques densité-dépendantes ou si l'on peut se "contenter" d'une description ressources-dépendante ? Ces questions ne sont pas anodines car l'une et l'autre des solutions ne confèrent pas au système étudié les mêmes



▲ Comparaison entre un spectre SSCP simulé (à gauche) et un spectre réel (à droite) donnant une empreinte moléculaire d'un réacteur de digestion anaérobie.

propriétés structurelles. Un aller-retour est donc nécessaire entre modélisation et expériences sur l'écosystème réel étudié afin de tester les hypothèses envisagées.

Notre travail de recherche porte ainsi à la fois sur la manière de formaliser des questions d'écologie microbienne mais également sur la manière de relier les modèles développés à des résultats d'expériences. Dans le cadre du premier volet, nous cherchons par exemple les liens entre les notions de résistance et de résilience d'un écosystème microbien et les propriétés de stabilité des modèles, bien formalisées dans le contexte de la théorie des systèmes dynamiques. Relativement au second point, nous développons actuellement tout un ensemble d'outils d'analyse d'empreintes moléculaires sous la forme d'algorithmes informatiques permettant de délivrer des informations pertinentes des profils SSCP et de faire le lien entre ces données et les prédictions de modèles [4]. Dans ce dernier domaine, il y a fort à parier que les années à venir pourraient amener de nombreux chercheurs à revisiter des données d'ores et déjà analysées pour tirer, pourquoi pas, des conclusions différentes de celles qu'ils avaient pu formuler en première analyse...

Jérôme Harmand, Alain Rapaport, Jean-Jacques Godon et *Claude Lobry* ■

Les techniques "d'empreintes moléculaires"

(SSCP, DGGE, T-RFLP, RISA) permettent d'obtenir rapidement une image des communautés microbiennes où chaque pic ou bande correspond à une entité biologique (version moléculaire de l'espèce) ; un profil SSCP est tracé sur la figure 1. L'identifiant de l'espèce moléculaire généralement utilisé est une séquence codant pour l'ADNr 16S. Ces techniques génériques sont rapides (extraction d'ADN, PCR, électrophorèse) et relativement peu coûteuses. Elles permettent d'obtenir des images dynamiques spatiales ou temporelles de l'ensemble de la communauté microbienne. Cette image globale - sans *a priori* - peut être déclinée en sous-groupes phylogénétiques, en fonction (gène fonctionnel) ou en activité (ARNr 16S à la place de l'ADN). Ce "capteur" devient aussi une interface entre modèle et réalité. En effet, les sorties dynamiques des modèles peuvent être simulées sous forme d'empreintes moléculaires et confrontées au monde réel.

Jérôme Harmand, Jean-Jacques Godon
Laboratoire de Biotechnologie
de l'Environnement, INRA,
avenue des étangs, 11100 Narbonne, France
harmand@ensam.inra.fr

Claude Lobry
Université de Nice

Alain Rapaport
UMR Analyse des systèmes
et Biométrie, Montpellier

Jérôme Harmand, Alain Rapaport, Claude Lobry
Projet INRA-INRIA MERE*,
Modélisation et Ressources en Eau,
Montpellier

* Le projet MERE est un projet commun INRA-INRIA. Ses membres sont hébergés dans les locaux de l'UMR ASB à Montpellier dirigée par Pierre Cartigny et au LBE à Narbonne dirigé par Jean Philippe Delgénes.

Biblio

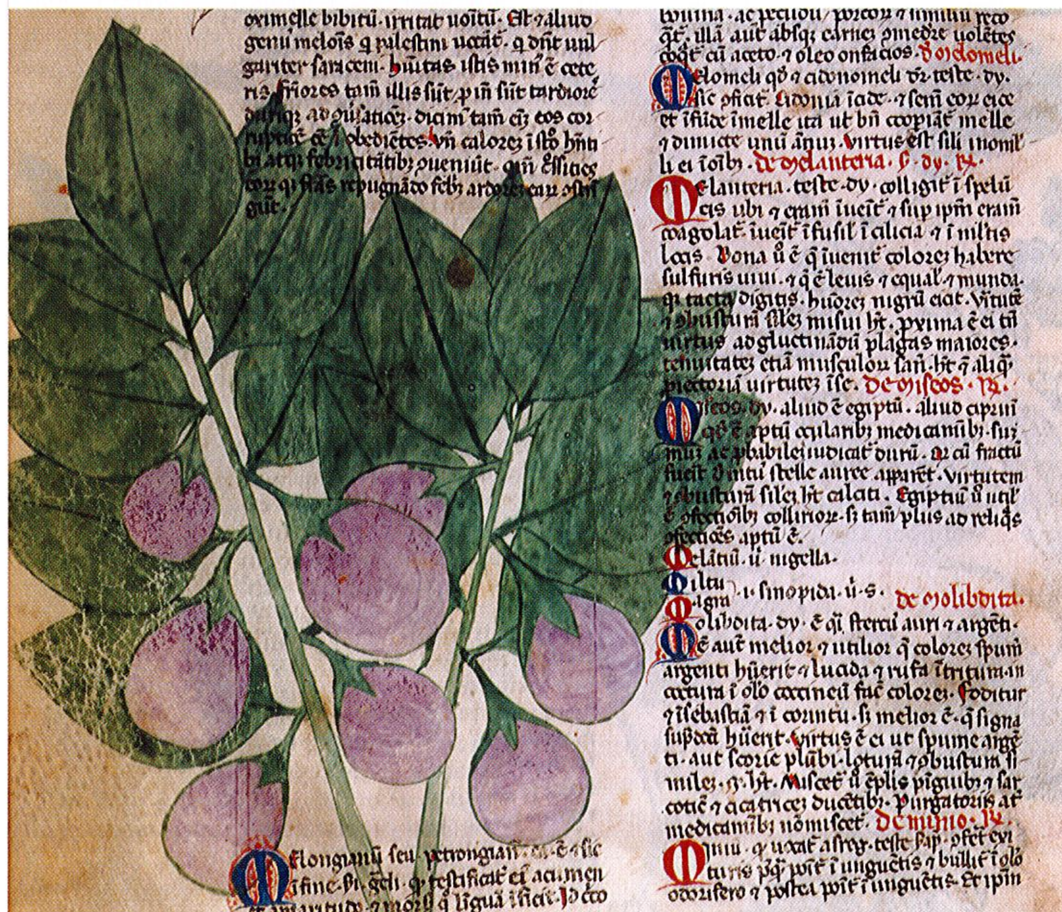
[1] Arditi, R. et Ginzburg L.-R., 1989, *Journal of Theoretical Biology*, No. 139, pp. 311-326.
[2] Lobry, C. et Harmand J., 2006, *CR Acad. Sci.* série Biologie, Vol. 329, pp. 40-46.
[3] Lobry, C., F. Mazenc et Rapaport A. 2005, *CR Acad. Sci.* série Mathématiques, Vol. 340, pp. 199-204.
[4] Loisel, P., Harmand J., Zemb O., E. Latrille E., Lobry C., Delgenes J.-P. et Godon J.-J., 2006, *Environmental Microbiology*, Vol. 8, No. 4, pp. 720-731.

Histoire & Recherches

Mémoires d'aubergine

Ce titre "Mémoires d'aubergine", un tantinet provocateur en ces temps d'axes et de champs thématiques, ouvre une porte dérobée de notre Institut : presque 50 ans de compagnonnage entre l'INRA et un légume rondelet à la robe de chanoine, l'aubergine. Mais que peut-on bien rechercher depuis si longtemps sur l'aubergine ?

Les premières questions scientifiques et agronomiques nécessitaient la contribution de différentes disciplines de l'INRA [1] et étaient liées à une production régionale en métropole et aux Antilles. Peu à peu, et grâce à des collaborations élargies, les recherches se sont orientées vers des sujets intégrant la dimension durable et puisant dans les ressources offertes par la fascinante famille des Solanacées. Le regard porté sur ce légume-fruit a ainsi totalement changé de perspective au cours de la période couverte ici. Les forces vives qui, du passé aux temps présents, ont construit de leur esprit et de leurs mains l'histoire qui va vous être contée, sont des chercheurs et des techniciens qui se sont investis scientifiquement et techniquement, mais aussi bien au-delà, sur les plans philosophique et souvent émotif. Cette deuxième dimension, où la passion se mêle à la raison pour décupler motivation et efficacité, échappe pourtant trop souvent à la politique scientifique.



Flore : aubergine. Manfredus de monte imperiali, De herbis, Pise 1330-1340 ?. Manuscrits occidentaux. Latin 6823, fol 106v

Photo : ©BNF

Recrutée en 1977, je fais partie de celles et ceux qui ont connu deux époques à l'INRA, dont le clivage, au cours des années 1990, correspond à une montée en puissance des contraintes administratives de tous ordres, à une contractualisation croissante de la recherche, et au déferlement de la génétique moléculaire au département de Génétique et Amélioration des Plantes. Je les nommerai respectivement l'Époque des Pionniers et la Nouvelle Époque. Elles formeront l'arrière-plan de ce propos, qui résumera les thématiques de recher-

Donnons la parole à Charles-Marie Messiaen

"C'est dès 1958 que l'aubergine attira l'attention de l'INRA à Avignon, par un dépérissement accompagné de curieux symptômes sur les feuilles, que les maraîchers péri-urbains de la cité des Papes, dont les terrains sont aujourd'hui urbanisés, essayaient sans succès de combattre par des pulvérisations de Métasystemox. La toute jeune station de Pathologie végétale implantée au domaine St-Maurice ne tarda pas à en découvrir la cause : elle était dans le sol et se nommait Verticillium dahliae *(champignon du sol se conservant dans le sol sous forme de microsclérotes, envahissant les vaisseaux du bois chez les plantes). Des expérimentations "musclées" de désinfection du sol à la chloropicrine (gaz de combat de la guerre 14-18 dont d'importants stocks existaient encore, remplacé par la suite par le bromure de méthyle, plus insidieux mais tout aussi toxique), permirent de voir à quoi ressemblaient des aubergines saines, avec une récolte plus que doublée, et de susciter l'intérêt de la station d'Amélioration des plantes".*

[1] Génétique et Amélioration des Plantes (Avignon et Antilles), Agronomie (maintenant Plantes et Systèmes de culture Horticoles), Technologie des Produits végétaux (maintenant Sécurité et qualité des produits végétaux), le feu SEI/URI/SRIV -Service d'Expérimentation et d'Information et ses avatars successifs- de la Bioclimatologie (maintenant Climat, Sol et Environnement), toutes stations du centre INRA d'Avignon ; station d'Expérimentation horticole (Alenya), Pathologie végétale (Antilles, Avignon & Montpellier), Nématologie d'Antibes - Centre de Biologie et de Gestion des Populations-, Lutte Biologique (Valbonne).

che jalonnant l'histoire de l'aubergine à l'INRA, et sera pimenté au fil des pages de quelques réflexions personnelles issues d'un vécu qui n'engage que l'auteur de ces lignes.

L'Époque des Pionniers

Cette époque, qui s'étend de 1958 à la fin des années 1980, était celle où la liberté de pensée et d'action des chercheurs était importante, la dotation globale assurait le coût des recherches, le mot "contrainte" ne faisait pas partie du vocabulaire quotidien. L'essentiel du temps chercheur était alloué à la Recherche. Agriculture, Agronomie et Science marchaient ensemble. Il y avait aussi, bien sûr, des caractéristiques moins plaisantes, comme l'arrêt intempestif de programmes que nous évoquerons, mais un des agréments du souvenir est de privilégier les bons côtés de la mémoire.

L'aubergine dans le Sud-Est [2]

Premiers Pas, Premiers Hybrides

1962. C'est l'année où commencent les programmes "aubergine" et "piment", à la station d'Amélioration des Plantes maraîchères de Montfavet, entre les mains de Edmond Pochard, secondé par Georges Breuils, Daniel Chambonnet et Augustine Florent. Objectif : l'amélioration variétale pour le marché français. À l'époque, les variétés cultivées de ces deux espèces (non strictement autogames* voir glossaire en fin d'article) sont des variétés de pays, c'est-à-dire des pseudo-lignées ou des populations typées et spécifiques à chaque zone de production. Il y a par exemple la *Ronde de Valence*, la *Violette d'Avignon*, la *Violette de Toulouse*, la *Longue de Goult*, la *Noire de Chateaurenard*, la fameuse *Violette de Barbentane* et bien d'autres, dont les semences sont soit produites à la ferme, soit produites et vendues par de nombreuses petites sociétés de semences potagères. Le programme "auber-



L'aubergine en chiffres

La production mondiale d'aubergines est estimée par la FAO pour l'année 2005 à 31 millions de tonnes.
La Chine (17 millions de tonnes) et l'Inde (8 millions de tonnes) sont les plus grands producteurs, suivis par l'Égypte (1 million de tonnes) et la Turquie (presque 900 000 tonnes).
Le rendement moyen mondial est de 17 tonnes par hectare, mais ce chiffre recouvre de grandes disparités : 16 tonnes/ha en moyenne en Inde, 42 tonnes/ha en France et, champions toutes catégories, les Pays-Bas avec 500 tonnes/ha en culture intensive en serre ! La France produit 18 000 tonnes par an, principalement sous grands abris plastique non chauffés ; elle en importe de l'ordre de 25 000 tonnes, principalement d'Espagne (données CTIFL, 2003). La consommation en France est estimée à 0,7 kg par personne et par an, ce qui est plus que modeste puisqu'elle est de 8 kg en Inde, 11 kg en Turquie, 12 kg en Chine et 13 kg en Égypte.

Nos remerciements à Anne-Marie Gogué (SED) de nous avoir fourni ces données.



Médecine, Magie et Cuisine

Les Solanacées ont un statut un peu à part dans le monde végétal du fait de leurs liens étroits et contrastés avec l'humanité depuis l'antiquité, dans l'Ancien-Monde comme sur le continent américain. Plantes principalement alimentaires (aubergine en Asie, pomme de terre, tomate, piment et physalis dans le Nouveau-Monde), médicinales (alkékenge), hallucinogènes, magiques voire toxiques (jusquiame, belladonne, datura et d'autres), rituelles (tabac), et plus souvent encore aux facettes multiples (la plupart des espèces), les croyances entourant la plupart d'entre elles ont sans cesse traversé la frontière floue entre le Bien et le Mal, entretenant à la fois crainte et fascination. C'est dans l'Ancien-Monde que la complexité des relations entre l'homme et les Solanacées s'est cristallisée sur une espèce mythique entre toutes, la mandragore dont les puissants effets psychotropes et médicinaux, et la morphologie ambiguë (racine fourchue et rosette de feuilles) sont à l'origine des multiples représentations anthropomorphisées, dont la plus ancienne connue à ce jour date de l'an 512 (codex *Aniciae Julianae*, copie illustrée du *de Materia Medica* de Dioscoride).
La renommée sulfureuse des Solanacées en Europe s'est naturellement reportée sur les espèces alimentaires de cette famille quand elles furent introduites au cours du Moyen Âge (aubergine) et après la découverte du Nouveau-Monde (pomme de terre, piment, tomate). Leur intérêt alimentaire vint rapidement à bout des premières suspicions, mis à part le cas de l'aubergine, dont les noms de pomme d'amour, pomme malsaine (*Mala insana*) ou pomme de rage sont révélateurs de l'ambiguïté durable de l'opinion à son égard durant la Renaissance.
Les effets toxiques ou bénéfiques des Solanacées (question de dosage, de mélanges et de rituels associés) sont dus aux divers alcaloïdes qu'elles contiennent. Ces métabolites secondaires ont de nombreuses propriétés biologiques (notamment désinfectantes, anti-inflammatoires, anesthésiques, sédatives, narcotiques, hallucinogènes, paralysantes), qui sont exploitées depuis des temps reculés en médecine traditionnelle, sans oublier les pratiques magiques. On leur reconnaît aujourd'hui des effets physiologiques positifs, intéressants pour lutter contre les maladies dites de civilisation. On a prouvé des activités pharmaco-dynamiques, permettant de soigner les troubles cardio-vasculaires, la cancérogénèse, l'obésité, les maladies auto-immunes, l'excès de cholestérol et les infections microbiennes et on a découvert que la pharmacopée traditionnelle exotique rejoignait la phytothérapie moderne, préventive et curative, dont le succès est récent.
Les espèces alimentaires comme l'aubergine, la pomme de terre et les tomadoses (tomates sauvages d'Amérique centrale et des Antilles) contiennent elles aussi des alcaloïdes dont la présence est trahie par leur goût amer plus ou moins prononcé selon les variétés, les modes de culture, le stade physiologique du fruit ou du tubercule, et le mode de préparation culinaire. Cependant les teneurs observables sont exceptionnellement toxiques, et le consommateur en est averti par une amertume insoutenable. Une amertume modérée de l'aubergine est généralement prisée des consommateurs, mais certains la préfèrent sans. Diversité des appréciations gustatives qui montre, si besoin en était, la difficulté pour la sélection de satisfaire tous les goûts, d'autant plus que les conditions de culture (sol, climat, irrigation) et le stade de développement du fruit au moment de la récolte (plus ou moins tardive) ont une influence majeure sur le goût.

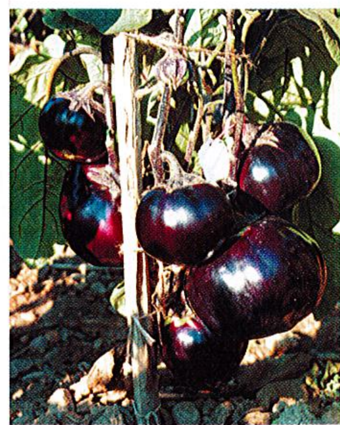
Composition

L'aubergine ne peut être considérée comme un légume de valeur alimentaire importante : sa matière sèche, de l'ordre de 7%, est constituée pour l'essentiel de sucres libres (glucose et fructose) équilibrés de fibres diététiques (pectines associées à des matières cellulosiques) et de sels minéraux (en particulier le Potassium).



Photos : Marie-Christine Daunay

Violette de Barbentane.

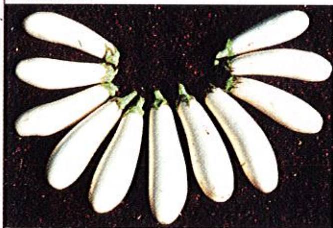


Ronde d'Avignon.

[2] En Amélioration des Plantes maraîchères (Avignon), en collaboration sur place avec les stations d'Agronomie, de Technologie des Produits végétaux, du SEI/URI/SRIV, de Bioclimatologie, de Pathologie végétale. En collaboration également avec Montpellier (Pathologie végétale), Alenya (Station d'expérimentation horticole), Antibes (Zoologie-nématologie) et Valbonne (Lutte biologique).

gine" démarre par la constitution d'une collection de variétés (françaises, européennes et d'origines plus variées, au gré des échanges épistolaires avec des chercheurs étrangers et des missions) et par la réalisation de nombreux croisements pour comprendre l'hérédité des principaux caractères, créer de nouveaux types recombinant les qualités présentes initialement dans des variétés différentes, évaluer le niveau d'hétérosis* en combinaison hybride F1* et mettre au point des obtentions à vocation commerciale. En 1971, le dossier d'inscription de F1 *Bonica* au catalogue français est déposé (inscription en 1973), c'est l'un des premiers hybrides d'aubergine à être inscrit depuis l'ouverture du catalogue en 1956. Cette inscription est contemporaine de celle de F1 *Baluroi* [3]. En 1975, c'est *Dourga*, lignée à fruits demi-longs et blancs, à la texture fine et au goût très doux). Les deux hybrides ouvraient la voie à la création de nombreuses formules hybrides commerciales par les sociétés de sélection : 39% des variétés inscrites au catalogue français en 1975 étaient des hybrides F1, 80% en 1995 et 90% en 2006). Les deux hybrides de l'INRA étaient appelés à avoir une carrière commerciale durable, en France puis à l'étranger, avec un pic de succès entre 1975 et 1985. La radiation de F1 *Bonica* et *Baluroi* a été demandée par Agri Obtentions en 2004 ; mais le semencier Clause-Tezier a demandé la ré-inscription de F1 *Baluroi* [4].


F1 Bonica.


Dourga.

Photos : Marie-Christine Daunay

[3] Type demi-long pourpre foncé.

[4] *Dourga* eut une carrière plus difficile du fait d'une production de semences et d'une commercialisation défaillantes. Elle eut surtout du succès chez les jardiniers amateurs et les petits producteurs locaux ; sa radiation du catalogue a été demandée en 2004 par Agri Obtentions et sera effective à la fin de 2006 : aucun mainteneur ne s'est déclaré pour le moment.

Des Goûts et des Couleurs

Les questions de recherche relatives à la composition et aux qualités (visuelle, alimentaire, gustative et sanitaire) de l'aubergine furent abordées par Serge Aubert (Technologie des Produits végétaux) du début des années 1970 à son départ en retraite en 1998. Il s'intéressait en particulier aux couleurs et au goût piquant (ou caustique) et amer typique de l'aubergine. Les pigments impliqués dans la couleur typique du fruit sont des anthocyanes, molécules dont la structure commune est, chez l'aubergine, une anthocyanidine nommée delphinidol. Les nombreuses nuances de violet à pourpre des fruits sont dues à la présence de divers substituants glucidiques et acylés qui se fixent sur le delphinidol. La chlorophylle est le deuxième pigment qui contribue à la couleur du fruit. Selon la présence de ces deux pigments, d'un seul d'entre eux, ou leur absence, et selon des modalités supplémentaires, comme l'uniformité ou la réticulation de la distribution pigmentaire ou encore la sensibilité des anthocyanes à la lumière, on obtient une grande diversité de couleurs qui varie du blanc (aucun pigment) au rose-rouge (anthocyanes seules), au violet-verdâtre ou au noir (anthocyanes + chlorophylles), ou au vert (chlorophylles seules).

Le goût typique de l'aubergine est dû à la présence de deux types de composés à noyau stéroïde. D'une part, un glyco-alcaloïde dominant, spécifique de l'aubergine, la solasonine, localisée dans la zone placentaire, dont la structure centrale est la solasodine, et d'autre part, des saponosides non azotés (melongosides) surtout localisés dans les graines. Ces substances ont par ailleurs une valeur santé, du fait de leur activité physiologique (Cf. l'encadré Médecine, Magie et Cuisine). L'aubergine fait en effet partie des produits végétaux frais à faible valeur nutritionnelle mais intéressants du point de vue diététique ; elle participe ainsi aux vertus de la cuisine méditerranéenne. La "cure" d'aubergine s'avère être un régime très "tendance". Adaptant plusieurs méthodes de mesure quantitatives et qualitatives de ces composés sapides, S. Aubert montra que les différences variétales, les modes de production et les stades de récolte ont une importance primordiale dans l'accumulation de ces substances. On peut retenir que les fruits issus de culture sous serre sont généralement moins amers que ceux issus de la culture de plein champ. En effet, la meilleure maîtrise des conditions de croissance et la récolte de fruits physiologiquement jeunes sont favorables au goût. Les plantations mal irriguées et les cueillettes tardives donnent des produits dont la saveur excessive est désagréable, voire présentant une moindre digestibilité. Enfin, l'incidence des préparations culinaires est aussi un facteur supplémentaire de la qualité gustative. La génétique n'intervient que pour partie dans l'élaboration de la qualité du fruit d'aubergine, caractère complexe s'il en est !

Greffage et Production

Dans la majorité des cas, l'utilité du greffage est d'adjoindre à la variété cultivée un système racinaire génétiquement résistant à une gamme de bio-agresseurs du sol, en particulier les nématodes, des champignons comme le *Verticillium* et les agents de nécroses des racines en Europe, le *Ralstonia solanacearum* (agent du flétrissement bactérien sous les tropiques) ou le *Fusarium oxysporum* f. sp. *melongenae*, en Extrême-Orient. Le greffage permet aussi souvent d'améliorer les rendements quantitatif et qualitatif, ainsi que la précocité.



Art culinaire et Légende

Les aubergines sont récoltées avant leur maturité physiologique (les graines sont immatures) et sont presque toujours cuites avant d'être consommées. L'art d'accommoder l'aubergine "classique" (*S. melongena*), largement cultivée en Asie et dans le Bassin méditerranéen, est extrêmement variable d'une région du globe à l'autre. On peut la faire griller, frire, cuire à la vapeur ou la cuisiner avec d'autres légumes et/ou de la viande et/ou des épices. On peut aussi en faire des confitures ou des pickles au vinaigre. Des centaines de recettes existent. Selon les régions, c'est l'amertume ou la douceur des fruits qui est recherchée par le consommateur. Les aubergines africaines *Solanum aethiopicum* L., aux fruits rouge-écarlate à maturité, aussi cultivées dans certains pays d'Amérique du sud (Brésil en particulier), et *S. macrocarpon* L., aux fruits ronds coiffés d'un élégant calice foliacé, sont souvent appréciées pour leur amertume et utilisées comme condiments dans différents types de préparations à base de viande. Leurs feuilles sont utilisées comme des épinards quand elles sont glabres. Les usages culinaires sont variables d'un pays africain à l'autre. L'aubergine est connue des cuisinières et cuisiniers pour sa propension à s'imbiber d'huile lorsqu'on la cuisine. Une anecdote dont nous n'avons pu retrouver la source raconte qu'il y a très longtemps en Orient, une jeune fille douée pour la cuisine, fut demandée en mariage par un imam. Sa dot était constituée de douze jarres d'huile d'olive. Elle en utilisa la totalité en onze jours pour confectionner sa spécialité, un plat d'aubergines farcies à la viande et au riz. Une autre version dit : au retour de la noce, la jeune fille fit mettre à tremper des aubergines, qui burent tellement qu'en l'espace de onze jours, elles avaient littéralement bu la dot. En découvrant les jarres vides, l'imam s'évanouit et mourut. Depuis on continue à confectionner le plat de l''imam Bayildi', ou 'imam évanoui'. C'est pourquoi dans les restaurants orientaux, on trouve parfois les aubergines frites à l'huile sous le nom de 'imam Bayildi', c'est-à-dire "la syncope du prêtre". Deux versions qui montrent que la tradition perpétuée au cours des siècles modifie un peu histoires et recettes, mais conserve aussi une part du rêve...

(voir aussi Aubergine et gourmandise par Hervé This, p.47 et la recette de l'Imam Bayildi p.35)



Photo : Marie-Christine Daunay

Fruits des espèces sauvages dont dérivent les aubergines cultivées : à gauche *Solanum incanum*, à droite : *S. dasyphyllum*, en bas : *S. anguivi*.

Dès 1962, André Beyries, mettant à profit des exemples néerlandais, bulgares et japonais, expérimentait le greffage de l'aubergine sur des tomates [5], et sur des hybrides néerlandais "tomate x *Lycopersicon hirsutum*" résistant au corky root* du système racinaire. Son objectif était la mise au point d'une méthode de lutte plus "biologique" que la désinfection du sol avec des produits dangereux. En sol contaminé, les meilleurs résultats furent obtenus avec les porte-greffe tomate homozygotes pour le gène Ve. Cependant, le greffage sur tomate sensible se montrait bénéfique lui aussi, alors qu'en sol "neuf", il n'apportait aucun bénéfice. L'explication de ce résultat sera apportée une dizaine d'années plus tard, lors de l'identification par A. Beyries de *Thielaviopsis basicola* (également nommé *Chalara elegans* dans sa forme conidienne), champignon du sol responsable de graves nécroses sur les racines d'aubergine. En effet, une importante part du gain de rendement par greffage de l'aubergine sur tomates sensibles en terrain "fatigué" pourrait être comprise par le fait que les racines de tomates souffrent moins de leur corky root que celles d'aubergines de *T. basicola*.

En 1964, Robert Brun et Gaston Ginoux du SEI [6] s'associaient à ces travaux, en les orientant vers l'expérimentation agronomique, dans l'optique d'une validation et d'un transfert de cette innovation technique vers la profession. Malgré des résultats très encourageants, le greffage eut peu d'écho chez les producteurs d'aubergine de l'époque, du fait de moyens de production ne permettant pas une mise en œuvre satisfaisante de cette nouvelle technique. Plus tard, dans les années 1970 et 1980, avec le développement des cultures protégées sous serres en verre et abris plastique, les expérimentations chez les producteurs furent reprises activement par Gaston Ginoux, Pierre Dauplé et Pierre Vergniaud. Elles permirent de mettre au point différentes techniques de greffage, de comparer des porte-greffe [7] et de mettre en évidence l'effet des itinéraires techniques sur les performances des variétés greffées. Ces recherches sur le terrain dans les conditions de la production ont été stoppées à la fermeture du service en 1992 (fermeture qui a mis un terme à un contact privilégié entre chercheurs INRA et producteurs maraîchers). Dans les mains de Gaston Ginoux, puis de Alain Buffière, une expertise sur le greffage s'est maintenue à l'INRA, avec des moyens très réduits. Elle n'est pas en mesure de répondre au regain d'intérêt actuel des producteurs et des sélectionneurs pour cette technique alternative à la désinfection chimique du sol en culture légumière (le bromure de méthyle a été définitivement interdit dans l'Union européenne en 2006). Or, du fait d'une utilisation intensive et jusqu'à présent irraisonnée, le greffage commence à manifester certaines limites comme le contournement des résistances génétiques des porte-greffe et l'émergence de nouvelles pathologies des racines sur Solanacées. Il serait nécessaire de redonner un élan à la recherche sur les porte-greffe, l'efficacité et la durabilité de leur résistance aux complexes parasitaires telluriques, et la méthodologie de leur déploiement en culture, tous sujets pleinement intégrés à la nécessité de développer des méthodes de culture respectueuses de l'environnement.

Techniques culturales et Variétés

Dans les années 1980, Pierre Cornillon (Agronomie) et Pierre Dauplé (SEI, Avignon) investiguèrent les facteurs limitants et les conditions les plus favorables à la croissance végétative et au rendement qualitatif et quantitatif de l'aubergine : influence des modalités de l'irrigation en rythme et quantité, de la température au niveau des racines, du substrat et de la fumure minérale. Ces recherches furent complétées durant la même décennie à la station d'expérimentation horticole d'Alenya, par des essais de taille et palissage sous tunnel plastique, la mise au point de la culture sur substrat sous serres en verre et de la lutte biologique, en particulier contre la mineuse (*Liriomyza* spp.) par apports d'auxilliaires.

• Adaptation à la serre

Le développement des abris plastique et des serres en verre depuis le début des années 1970 amena une nouvelle question de recherche : identifier les facteurs de l'adaptation des variétés à la culture de printemps sous abris. En effet, dans ces conditions, les variétés traditionnelles exprimaient un excès de végétation et un défaut important de nouaison. Les premiers résultats obtenus par Edmond Pochard, Pierre Cornillon et Hervé Serieys montraient que la régulation de la transpiration des feuilles jouait un rôle de première importance. Les variétés qui transpiraient le plus étaient

Des Formes et des Couleurs



Les aubergines au sens large, toutes espèces confondues, peuvent être longues : en forme de massue, de doigt, de fuseau, de corne et parfois même serpentiformes, oviformes, pyriformes, globuleuses, sphériques ou rondes et aplaties, lisses ou burinées de profonds sillons, tenir entre deux doigts, dans le creux de la main ou dans celui du bras, et du blanc au noir, et rayonner de toutes les couleurs de l'arc-en-ciel, du rouge, orange, jaune, vert, à toutes les nuances de bleu et de violet, selon leur stade de maturité. Les fruits des formes primitives de *S. melongena* sont de la taille d'une balle de ping pong ou plus petits, d'une couleur généralement verte réticulée (vert foncé vers le calice, vert clair vers l'apex du fruit, avec une jonction irrégulière de ces deux couleurs dans la partie médiane du fruit). Les formes sauvages de *S. aethiopicum* (*S. anguivi*), ont des fruits variant de la taille d'une groseille à celle d'une merise, et celles de *S. macrocarpon* (*S. dasyphyllum*) des fruits vert foncé, de taille variable mais dotés d'un calice extrêmement épineux. Ces formes sauvages sont très communes dans toute l'Afrique équatoriale. La domestication (adaptation à la culture, sélection de fruits plus gros et de différentes formes et couleurs, sélection de plantes moins épineuses) fut probablement un processus lent, qui eut lieu pour *S. melongena* dans la région comprise entre l'Inde et la Birmanie, et en Afrique pour les deux autres espèces. De nos jours, on trouve encore dans le Sud-Est asiatique des formes sauvages de *S. melongena* ainsi que des formes adventices épineuses, semi-rampantes aux fruits amers, connues sous le nom de *S. insanum*, souvent confondues avec *S. incanum*, espèce sauvage d'Afrique de l'Est et du Moyen-Orient, à partir de laquelle *S. melongena* s'est différenciée.

(voir Pour en savoir plus *Histoire de légumes*).

[5] Sensibles, hétérozygotes ou homozygotes pour le gène Ve de résistance au *Verticillium*.

[6] Service d'Expérimentation et d'Information, absorbé en 1977 par le département des Systèmes Agraires et Développement -SAD- dont l'unité maraîchère devint Unité de Recherches Intégrées -URI- vers 1980, puis Service de Recherches Intégrées sur les Productions végétales et la protection des plantes -SRIV-, qui fut dissous en 1992.

[7] Tomates, hybrides interspécifiques de tomate dont *Brigéor*, créé par Henri Laterrot de la station d'Amélioration des Plantes maraîchères en 1979, et l'espèce sauvage *Solanum torvum*.


Photo : Gaston Ginoux

Début de culture en plein champ d'aubergines sous chenille.

celles qui nouaient le mieux, et inversement, les variétés qui transpiraient le moins, étaient celles qui nouaient le moins. Des descendances F1, F2 et BC1*, issues de parents différant pour les capacités de transpiration, furent créées afin d'analyser l'hérédité du caractère "régulation de la transpiration". Des lignées isogéniques, différant seulement pour la transpiration, furent construites afin de démontrer l'hypothèse de la relation entre transpiration et nouaison, et des tests miniaturisés pour mesurer la transpiration mis au point [8].

Ces recherches durent être réorientées au début des années 1980. En effet, les pratiques culturales se mettant progressivement au point pour les cultures en serre, notamment par une meilleure maîtrise des apports d'eau et d'azote, et le chauffage des serres diminuant au fil des ans, crise du pétrole oblige, l'aptitude des variétés à former des fruits soit par bonne fertilité mâle et femelle (fruits avec graines) soit par parthénocarpie (fruits sans graines) se révéla être un critère d'adaptation plus pertinent que l'aptitude à une forte transpiration. Ces deux modalités permettent en effet d'obtenir des fruits, et d'assurer leur grossissement jusqu'à une taille normale ou presque normale [9].

• Adaptation au plein champ

Malgré le rôle finalement décevant des différences de transpiration entre génotypes pour l'adaptation à la culture en serre, cette approche originale de l'adaptation au milieu, bien intégrée à deux thèmes de recherche importants à l'INRA de l'époque (interactions génotypes x milieu et effet des stress), fut réorientée au début des années 1980 vers l'adaptation des variétés au plein champ en conditions méditerranéennes, ceci en sollicitant les compétences de chercheurs de la station de Bioclimatologie du centre d'Avignon (Philippe Malet et Paul-Gérard Schoch). Un groupe de trois variétés d'origine méditerranéenne, adaptées à la culture irriguée en climat chaud et sec, fut comparé à un groupe de trois variétés d'Extrême-Orient, adaptées à la culture en saison chaude et humide, pour un ensemble de critères [10]. L'influence des racines sur le contrôle de la transpiration fut analysée grâce à un protocole de greffage entre


Photo : Marie-Christine Daunay

Diversité et variabilité chez les 3 espèces d'aubergines cultivées *(S. melongena, S. aethiopicum, S.macrocarpon)*.

[8] Après semis en terrine, les plantules étaient transférées au stade cotylédonaire sur mini-bouteilles étanches contenant une solution nutritive diluée, ou étaient repiquées dans un dispositif de culture hydroponique sur gravier, et une fois atteint le stade de 5-6 feuilles, elles étaient placées individuellement en bouteilles de 500 ml. Dans les deux cas, les plantes étaient transférées ensuite en enceinte climatisée, et après une période de stabilisation de quelques jours, pesées à intervalles réguliers, afin de mesurer leurs déperditions en eau par transpiration et de quantifier les différences entre génotypes.

[9] La présence et la taille des fruits obtenus par pseudo-castration des fleurs (coupure du stigmate), ou par pollinisation manuelle, sur des plantes entières ou miniaturisées (par une méthode de taille les réduisant à une tige, une feuille et une fleur), permettait de distinguer facilement
- les variétés parthénocarpiques : taille des fruits équivalente quel que soit le traitement appliqué aux fleurs
- des variétés ayant seulement une tendance à la parthénocarpie : plus petite taille par castration que par pollinisation
- des variétés non parthénocarpiques : absence de fruit si castration, présence si pollinisation.

[10] • la transpiration, mesurée par la résistance stomatique • la densité stomatique • la structure cellulaire des parenchymes foliaires • le taux d'hydratation des feuilles • la dynamique de croissance végétative aérienne et racinaire • le rendement (nombre et poids de fruits) • l'absorbance et la réflectance des feuilles dans le visible et l'infra rouge.

groupes variétaux, les variétés méditerranéennes étant greffées sur les racines des variétés extrême-orientales, et réciproquement les variétés extrême-orientales étant greffées sur les racines des variétés méditerranéennes. L'ensemble des résultats fit l'objet d'une thèse de doctorat (Daunay, 1986), et je rends hommage ici à mes collègues de Bioclimatologie, en particulier Philippe Malet, pour leur soutien scientifique qui fut essentiel. Les recherches dans ce domaine ne furent pas poursuivies, car leurs applications en sélection étaient difficiles à mettre en œuvre sur de grands effectifs de plantes ; de plus, à la veille du développement foudroyant de la biologie moléculaire en génétique végétale, l'intérêt du DGAP pour l'adaptation des plantes au milieu agro-climatique allait décroissant.

Adaptation au milieu agro-climatique et sélection

La sélection récurrente est une méthode qui, à partir de nombreux géniteurs, chacun apportant au moins une caractéristique intéressante, crée une population soumise sur plusieurs cycles à différentes pressions de sélection et à des inter-croisements contrôlés. Ces derniers, effectués par mélange des pollens des plantes sélectionnées, sont répétés sur plusieurs générations, et permettent d'obtenir les recombinaisons génétiques multiples souhaitées. Bien qu'originellement conçue pour les plantes allogames, l'intérêt de cette méthode de sélection pour l'amélioration des plantes autogames fut pressenti par E. Pochard sous l'inspiration de A. Gallais. Un premier programme de sélection récurrente (population "Valserre") démar-

Recette "Imam Bayildi"



Pelez 4 aubergines de taille égale dans le sens de la longueur en alternance. Ouvrez-les en gardant les extrémités attachées. Placez-les dans un récipient d'eau salée pendant une demi-heure. Rincez et séchez-les sur du papier absorbant. Placez-les côte à côte dans un grand plat et réservez. Faites blondir à la poêle dans la moitié d'un verre d'huile d'olive deux oignons émincés ; ajoutez-y trois tomates coupées en morceaux, 6 gousses d'ail, un demi bouquet de persil, trois pincées de sucre et le sel. Mélangez, mais ne faites pas cuire. Farcissez les aubergines de ce mélange. Ajoutez par-dessus un peu d'huile d'olive, trois quarts de verre d'eau et le jus d'un demi citron. Couvrez et laissez cuire à feu doux pendant 45 mn à une heure. ... Et ne vous évanouissez pas de plaisir en dégustant ce plat méditerranéen ! Pour les gourmands, sachez qu'un livre entier est dédié à des recettes à base d'aubergine.

(voir Pour en savoir plus *Les Voyages de l'aubergine*).

L'aubergine : histoire d'une passion commune entre Vilmorin et l'INRA



Vilmorin débuta sa sélection d'aubergines vers les années 1970 à l'initiative et avec la force de conviction de Jacques Goulpaud, dans le prolongement des travaux innovateurs de Edmond Pochard (INRA) qui débouchèrent sur les premiers hybrides commerciaux et l'inscription de F1 *Bonica* en 1973. Ce qui n'était au départ que des essais d'aubergines en bordure des parcelles dédiées à d'autres espèces légumières, se transforma progressivement en programme à part entière sur l'aubergine, visant d'abord l'ensemble des marchés européens et maintenant mondiaux.

Dès la fin des années 1980, à la suite des visites de Jacques Goulpaud d'essais conduits à l'INRA avec le matériel parthénocarpique issu des programmes de sélection INRA et des discussions informelles avec Marie-Christine Daunay sur les caractéristiques de ce matériel et les objectifs en création variétale d'aubergines, Vilmorin et l'INRA prirent conscience de la complémentarité entre les caractéristiques

- du matériel Vilmorin remarquable pour des caractères de qualité du fruit : en particulier un petit calice peu épineux, une coloration très foncée de l'épiderme et des formes de fruits conformes aux exigences des différents marchés
- du matériel INRA, remarquable pour sa précocité, sa bonne aptitude à la parthénocarpie et la brillance de l'épiderme des fruits. Il fut alors décidé d'engager une collaboration contractuelle (1990-1996) pour créer des hybrides à vocation commerciale, entre un choix de lignées Vilmorin et de lignées INRA, dans les types longs, intermédiaires et ovoïdes. Une centaine d'hybrides expérimentaux furent ainsi créés et expérimentés par Vilmorin dans le Bassin méditerranéen, et dans une moindre mesure par l'INRA à l'INRA. Dans la foulée (1991), il fut également décidé d'engager en commun des programmes de sélection récurrente dans les trois typologies de fruits du marché européen, en impliquant des hybrides INRA x INRA, INRA x Vilmorin et Vilmorin x Vilmorin, ainsi que du matériel de la concurrence.

Cette deuxième collaboration fit également l'objet d'une contractualisation (1996-2001). Une dizaine d'hybrides, dont certains sont des co-obtentions INRA x Vilmorin, connurent et connaissent encore un succès commercial.

Des échanges riches d'enseignements

Les échanges autour de ces programmes furent riches d'enseignements. Pour moi, tout jeune sélectionneur "aubergine", avide d'informations sur une espèce dont j'avais repris les programmes de sélection, après le départ en retraite de Jacques Goulpaud en 1991.

Mais aussi pour mon homologue à l'INRA, qui découvrait, à travers le plaisir de rencontrer et de discuter avec un sélectionneur ainsi que des agriculteurs italiens et turcs producteurs d'aubergine, des réalités techniques nécessaires à l'orientation de programmes de recherche plus en amont. Ce fut aussi l'occasion pour l'INRA de se mettre dans la peau d'un créateur de variétés d'aubergines, avec ses moments de satisfaction, mais aussi ses frustrations face à l'inertie d'un marché de l'aubergine très conservateur et donc peu dynamique.

Dans ce contexte, la motivation des équipes marketing et commerciales sur cette espèce dite "mineure", demande en effet beaucoup d'efforts de la part du sélectionneur. Cette collaboration étonnait parfois les collègues "légumes" que nous allions rencontrer conjointement. Je me souviens en particulier des interrogations d'universitaires turcs sur cette possibilité de trouver des centres d'intérêts communs entre l'INRA et une entreprise privée. Il est possible que cette collaboration Vilmorin et INRA ait été un exemple de la possibilité de relations de confiance entre la recherche publique et privée.

En 2000, alors que j'avais repris le programme depuis une dizaine d'années, l'INRA me proposa de participer au projet Européen EGGNET dédié aux ressources génétiques de l'aubergine et des espèces qui lui sont apparentées. Ce projet qui rendit accessibles nombre d'accessions disséminées en Europe et en partie en péril, représenta pour moi une première expérience dans le domaine de la gestion des ressources génétiques, sujet qui, dans un contexte d'agriculture durable et de la diversification des objectifs de sélection prend une dimension de plus en plus stratégique.

La collaboration entre Vilmorin et l'INRA s'est donc construite sur deux pôles. Le premier est un travail d'amélioration génétique, alliant l'expérience d'une maison de sélection et les apports conceptuels et matériels de l'INRA. Le deuxième est une collaboration de longue durée centrée autour de l'échange d'informations scientifiques au sein de la petite communauté des spécialistes aubergine où l'INRA a fait et fera encore, nous l'espérons, office de vigie. Rien n'aurait été possible sans la passion des partenaires pour l'espèce, l'espèce étant vue dans son ensemble, dans son environnement technique, social et économique. Combien de discussions enfiévrées sur des sujets aussi divers que la place de la biologie moléculaire dans les programmes de sélection, les modalités héréditaires de nombreux caractères agronomiques, la description de la couleur d'un fruit (est-ce pourpre, violet, mauve, rougeâtre ?), l'identification d'une aubergine africaine ou tout simplement l'art culinaire de l'aubergine .

Souhaitons longue vie à l'aubergine aux vertus gustatives et diététiques indiscutables. Longue vie à l'aubergine à l'INRA et chez Vilmorin. Que dure l'enthousiasme de l'équipe aubergine de l'INRA, certainement l'une des plus dynamiques de la petite communauté scientifique travaillant sur cette espèce en Europe et dans le monde, et que beaucoup en Europe et ailleurs nous envient.

Jean-Winoc Hennart,
sélectionneur "aubergine" chez Vilmorin, centre de recherche de la Costière, Ledenon (30)

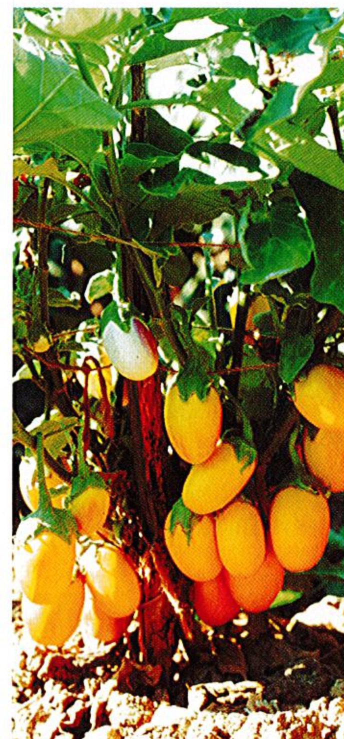


Photo : Marie-Christine Daunay

Plante aux œufs, forme particulière d'aubergine à l'origine des noms anglais (eggplant) et allemand (Eierfrucht).

ra en 1976 avec pour objectif de créer du matériel végétal capable de fructifier aussi bien dans le milieu contrôlé de la serre chauffée que dans les conditions climatiques plus sévères du plein champ, et présentant une tolérance au *Verticillium*. La population fut créée à partir de variétés dont les propriétés distinctes (précocité, forte transpiration, bonne coloration des fruits, moindre sensibilité à la verticilliose) étaient intéressantes à recombiner. À partir de géniteurs adaptés à la serre ou au champ, le principe de cette sélection, dite disruptive (recombinaison des extrêmes) était de créer des génotypes adaptés aux deux milieux. Les meilleures familles et les meilleurs génotypes (au sein de ces familles) issus de la culture en serre, étaient multipliés végétativement par greffage pour être quelques mois plus tard pollinisés par le mélange de pollen des meilleures plantes de la même génération (leurs sœurs) qui étaient sélectionnées au champ. Mais il s'avéra après deux générations, qu'aucun progrès pour la production précoce n'avait été obtenu en serre, et qu'au champ le progrès était modéré. Il fut alors décidé de poursuivre la sélection de "Valserre" au champ uniquement, ce qui fut fait avec succès. Une deuxième population, "Virgo", fut créée à partir d'une douzaine de variétés présentant une bonne fertilité mâle et femelle ou une forte tendance à la parthénocarpie sous serre de printemps. Elles furent fécondées par un mélange de pollen des plantes d'élite de "Valserre" apportant en particulier une qualité des fruits -forme, couleur, brillance-. Par sélection uniquement en serre [11], des progrès notables furent obtenus en quatre cycles d'intercroisements. Double démonstration fut ainsi faite de l'intérêt de la sélection récurrente simple chez une espèce autogame, même si l'objet de la démonstration était au départ la sélection récurrente disruptive ; mais en recherche, comme chacun sait, il arrive que l'on trouve un résultat différent de celui que l'on escomptait. L'efficacité de cette méthode de sélection, appliquée également avec succès au piment, trouva sa justification presque 20 ans plus tard, grâce à l'outil moléculaire qui permit de révéler, sur l'exemple de la résistance à certaines maladies du piment, la complexité des bases génétiques de caractères quantitatifs.

Par ailleurs, dans ces mêmes années (fin de la décennie 1970, début de la décennie 1980), les recherches sur l'haploïdisation [12] permirent la mise au point de l'androgenèse *in vitro* de l'aubergine et du piment. Cette technique fut mise en application sur les populations "Valserre" et "Virgo" menées en sélection récurrente, afin de sélectionner rapidement des lignées fixées, dites lignées haploïdes doublées. En effet, les plantes haploïdes obtenues par culture d'anthères doublent leur stock chromosomique spontanément ou après un traitement à la colchicine, et de ce fait deviennent immédiatement diploïdes homozygotes, c'est-à-dire reproductibles identiques à elles-mêmes par autofécondation alors que la voie classique, par autofécondations successives, nécessite plusieurs années. Cette méthode fut appliquée avec succès et permit d'obtenir des lignées adaptées soit à la serre soit au champ. Ces lignées furent comparées pour leurs performances agronomiques et celles qui possédaient des caractéristiques originales furent retenues : végétation modérée et tendance à la parthénocarpie (pour le matériel de serre), et belle couleur et qualité de l'épiderme du fruit (pour le matériel de plein champ). À ce stade proche de la création de matériel commercial, il devenait nécessaire de donner plus d'amplitude au programme, c'est-à-dire de tester les lignées dans des conditions plus diverses que celles de la seule Provence (entre-temps le marché de la semence était devenu méditerranéen) et de créer des hybrides expérimentaux. Pour cela, il y eut deux contrats successifs avec la société Vilmorin (1990-1996 et 1996-2001), qui permirent la co-obtention d'hybrides pour le marché français (F1 *Mistral*), sicilien (F1 *Morena*), et turc (F1 *Teorem* et F1 *Karatay*).

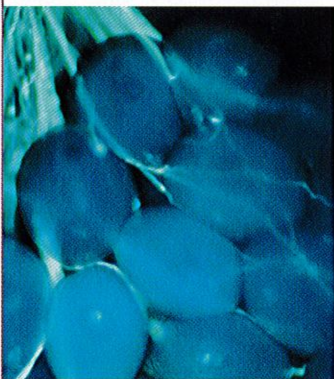
Résistance aux maladies et aux ravageurs

• *Champignons du sol*

Verticillium dahliae est, comme nous l'avons déjà vu, un champignon du sol fréquent dans les sols maraîchers, et qui est responsable chez l'aubergine, en conditions tempérées, de baisses de rendement quantitatif et qualitatif importantes. E. Pochard chercha, dès le début du programme "aubergine", des résistances de haut niveau à *Verticillium* dans l'espèce *Solanum melongena* elle-même. Faute d'en trouver, aucun programme de sélection de variétés résistantes ne put être conduit. Cependant, quand un caractère "désiré" n'est pas disponible dans l'espèce cultivée, les chercheurs vont le rechercher dans les espèces dites apparentées (qui peuvent être également cultivées ou sauvages), dans l'espoir de l'y trouver et de pouvoir le transférer par croisement sexué. C'est ainsi que E. Pochard initia une petite collection d'espèces de *Solanum*, qui allait être considérablement développée plus tard, une fois que put être établie une collaboration avec un taxonomiste de l'université de Birmingham spécialisé dans ce groupe d'espèces (cf § Ressources génétiques apparentées). Vers 1980 et en collaboration avec A. Beyries (INRA, Montpellier), cette petite collection fut évaluée pour la résistance au *Verticillium*, et aussi aux agents principaux (*Thielaviopsis basicola*) et secondaires (*Colletotri-*

[11] Intercroisement des meilleures plantes des meilleures familles par leur pollen en mélange.
[12] Méthode qui permet d'obtenir des plantes avec un nombre de chromosomes égal à celui des gamètes, c'est-à-dire moitié du nombre de chromosomes d'une plante normale. Ces recherches furent conduites par Robert Dumas de Vaulx et Daniel Chambonnet, avec la participation initiale de Monique Sibi.


Germination des grains de pollen sur le stigmate et croissance des tubes polliniques.


Nombreux tubes polliniques en croissance, prêts à féconder les ovules.


Galles et masses d'œufs : nématodes du genre *Meloidogyne*.

Photos : Marie-Christine Daunay

chum coccodes) des nécroses racinaires et dépérissements de l'aubergine. Par des tests d'infection artificielle de plantes en pots cultivées en serre, des résistances vis-à-vis de ces champignons purent être mises en évidence chez quelques espèces, en particulier *S. torvum* et *S. sisymbriifolium*. La recherche de résistances vis-à-vis des nématodes à galles du genre *Meloidogyne* entreprise vers la même époque avec A. Dalmasso (Antibes), permit d'identifier des résistances de haut niveau, en particulier chez ces deux espèces. Ces résultats prometteurs conduisirent à tenter l'hybridation interspécifique entre l'aubergine, d'une part et *S. torvum* et *S. sisymbriifolium*, d'autre part. L'hybride interspécifique fut obtenu avec la première espèce, grâce au sauvetage d'embryons par culture *in vitro* pratiqué par Robert Dumas de Vaulx et ses collaborateurs, mais cet hybride était pratiquement stérile, avec moins de 5% de pollen colorable et pas d'appariement des chromosomes en meïose. Grâce à l'utilisation de différentes stratégies (voie 2x et voie 4x) et techniques de culture *in vitro* (extraction d'embryons immatures, androgenèse) dans la décennie qui suivit, quelques descendances furent obtenues, malheureusement stériles dans les conditions agro-climatiques de métropole. En effet, la stérilité de ce matériel semble être le résultat combiné d'un obstacle génétique doublé d'un problème d'inadaptation forte aux conditions de température et de photopériode en zone tempérée (*S. torvum* est une espèce tropicale à cycle long, qui fleurit et noue en jours courts). L'arrêt du programme aubergine en Guadeloupe (voir § suivant) supprima toute possibilité de poursuivre les tentatives d'obtention de descendances de cette espèce multi-résistante dans les conditions tropicales favorables offertes par la Guadeloupe, et quelques graines de ce croisement prometteur attendent des jours meilleurs dans une chambre froide à Montfavet. Quant à *S. sisymbriifolium*, aucun hybride sexué issu de son croisement avec l'aubergine ne put être obtenu [13].

Culture d'anthères d'aubergine.

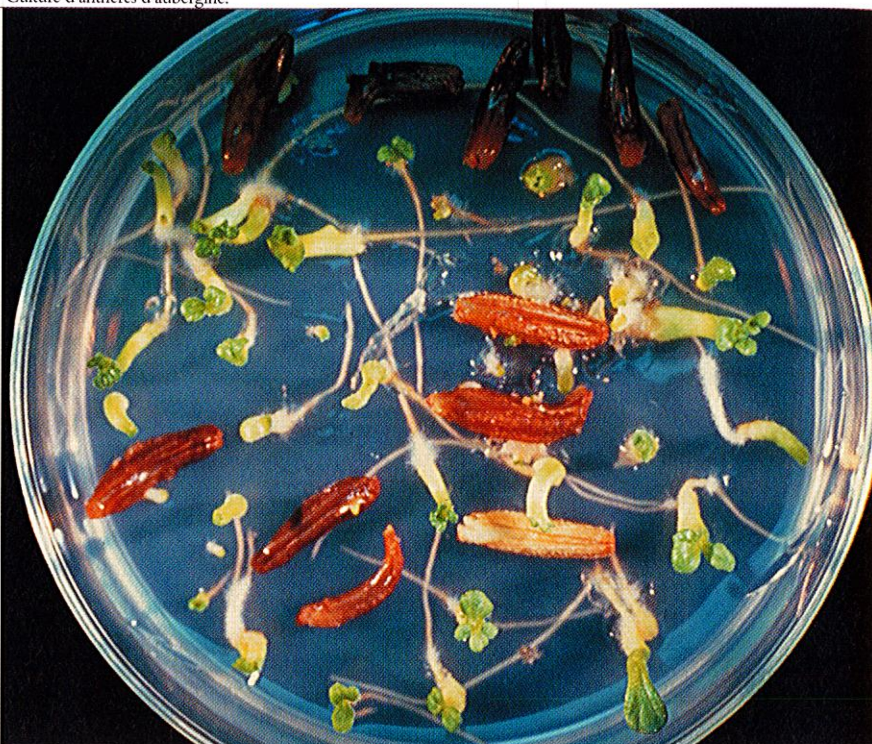


Photo : Robert Dumas de Vaulx







Photos : Marie-Christine Daunay

De haut en bas : symptômes de *Verticillium dahliae* / *Solanum torvum* / *Solanum sisymbriifolium*

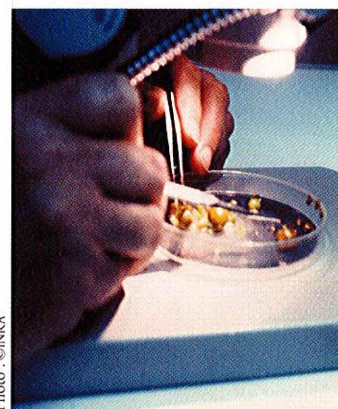


Photo : ©INRA

Extraction d'embryons immatures.

• ***Insectes***

Au milieu des années 1980, les chercheurs de la station de lutte biologique de Valbonne, Jean-Claude Onillon et Jean-Claude Malausa, s'intéressaient à l'aleurode des serres (*Trialeurodes vaporariorum*). Comme l'aubergine est très attractive pour les insectes en général et l'aleurode en particulier, ils nous sollicitèrent pour avoir accès à la collection d'aubergines afin d'en tester un échantillon représentatif, dans l'objectif d'investiguer les différences entre variétés et de tester en particulier l'influence de la pilosité et des anthocyanes sur l'interaction avec les aleurodes. Le travail expérimental en serre comprenait le lâcher d'aleurodes en des points répartis dans la serre, puis le comptage régulier des adultes, des pontes, et des larves à certains stades de développement. Des différences variétales furent établies pour deux modalités de résistance :
1• l'antixénose, mesurée par l'attractivité (une variété attractive héberge une plus grande population d'adultes qu'une variété moins attractive) et **2•** l'an-

[13] L'hybride somatique obtenu plus tard -voir contrat INCO-DC, dans § ressources génétiques apparentées-, s'est révélé totalement stérile.

tibiose, mesurée par la diminution des paramètres de développement de l'insecte comme la fécondité, la longévité des femelles et la mortalité larvaire. Aucune relation ne put être démontrée entre ces deux formes de résistance et la pilosité ou la pigmentation anthocyanée des plantes.
Ces résultats prometteurs ne furent malheureusement pas poursuivis, notamment pour identifier les caractéristiques biochimiques de l'antibiose chez l'aubergine, du fait d'une réorientation des recherches à Valbonne, alors que d'un point de vue scientifique et agronomique le sujet était à la fois original et avait des retombées potentielles en sélection. En effet, la résistance aux insectes est un caractère agronomique très important en pays tempéré et encore plus en climat tropical où la pression des ravageurs est encore plus forte. Vingt ans plus tard, malgré des potentialités intéressantes, la sélection de l'aubergine pour la résistance naturelle aux aleurodes n'a pas fait un pas de plus en avant, ni en France ni ailleurs. Le problème "aleurodes" s'est trouvé indirectement maîtrisé en culture sous abris en Europe grâce à l'emploi d'insectes dit "auxiliaires" qui se développent au détriment des aleurodes.

L'aubergine aux Antilles

Il y eut deux périodes distinctes pour les travaux sur l'aubergine aux Antilles, que l'on peut résumer en "avant et après l'hybride *Kalenda*". La première période eut lieu sous la houlette de Charles-Marie Messiaen et de Patrick Daly, IRAT Martinique. De nombreuses variétés d'aubergine, d'origines diverses, furent testées aux Antilles pour leur comportement vis-à-vis d'agents pathogènes tropicaux. Jacques Fournet, chercheur en pathologie végétale, décrivit l'agent de l'anthracnose des fruits (*Colletotrichum gloeosporioides* f. sp. *melongenae*), et montra que les fruits de *Solanum torvum*, espèce sauvage commune sous les tropiques, étaient le réservoir naturel de ce champignon. François Kaan détermina en 1973 les modalités héréditaires de la résistance à l'anthracnose des fruits d'une lignée collectée en 1970 à Trinidad dans le secteur maraîcher d'Aranguez, et André Beyries poursuivit ses recherches sur les affinités de greffage entre Solanacées, aubergine, piment et tomate et diverses espèces de *Solanum* [14]. Charles-Marie Messiaen a pérennisé l'ensemble des résultats dans *Le potager tropical* (1ère éd. 1975).
Le programme de sélection conduit par l'IRAT en Martinique aboutit à la création de *Madinina*, lignée à gros fruits globuleux et violets, issue du géniteur *Ceylan 164*. Cette variété est résistante au flétrissement bactérien causé par *Ralstonia solanacearum* (= *Pseudomonas solanacearum*), bactérie du sol également pathogène pour d'autres Solanacées comme le piment et la tomate. Hybridée avec la lignée *Aranguez* résistante à l'anthracnose des fruits, elle permit l'obtention en 1975 de l'hybride F1 *Kalenda*, premier hybride tropical résistant à deux maladies importantes. Cet hybride allait faire la grandeur de la production de l'aubergine en Martinique et Guadeloupe entre 1975 et 1982, qui exportaient vers la métropole plusieurs milliers de tonnes d'aubergines par an. À l'apogée, plus de 10 kg de semences de l'hybride étaient produites annuellement par l'INRA.
Cependant, la monoculture pratiquée en Martinique favorisa l'apparition rapide de souches bactériennes plus agressives capables de surmonter la résistance partielle de *Kalenda*, avec pour conséquence un effondrement brutal de la production. En Guadeloupe, où la résistance de *Kalenda* était encore efficace, la production d'aubergines s'effondra aussi d'une part, du fait de l'introduction accidentelle du *Thrips palmi* et de son développement fulgurant (en raison de traitements phytosanitaires excessifs, tout hyperparasite* avait disparu) et d'autre part, de par la concurrence nouvelle, à moindres frais de transport, de la production d'aubergines en contre saison sous abris plastique en Andalousie. Les hybrides de remplacement de *Kalenda* hâtivement fournis par l'INRA mais de qualité de fruit insuffisante ne permirent pas d'enrayer l'effondrement de la production antillaise au cours des années 1983-1984. Un bactériologiste, Philippe Prior, vint en aide aux généticiens, pour caractériser les interactions entre la bactérie et la plante et pour améliorer les procédures d'infection artificielle utilisées en sélection. Un VSN (Volontaire du Service National), Yannick Hébert [15] (1982-1983) fut mis à contribution pour rechercher de nouvelles sources de résistance dans la petite collection de *Solanum* dont disposait alors la station d'Amélioration des Plantes de Montfavet. Il mit notamment en évidence des résistances de haut niveau dans l'espèce africaine *S. aethiopicum*, qui allaient être utilisées dans les années suivantes par Georges Ano.
La deuxième période de l'aubergine à l'INRA des Antilles s'étendit de 1984 à 1991. Du fait de la pression qu'exercèrent les producteurs d'aubergines sur l'INRA pour sauver leur production, G. Ano fut chargé de créer du matériel de type commercial et plus résistant que *Kalenda*. En l'espace de quelques années, il réussit par un programme original à créer des génotypes hautement résistants dans les conditions des Antilles. Les résistances issues de plusieurs géniteurs furent recombinées entre elles dans un vaste programme d'inter-croisements qui impliquait aussi des variétés apportant d'autres caractéristiques agronomiques, notamment de qualité du fruit. Par ailleurs, en surmontant de nombreuses difficultés, notamment la stérilité des premières descendances, G. Ano réussit à introduire dans *S. melongena* et par croisement interspécifique, la résistance de deux géniteurs appartenant à l'espèce *S. aethiopicum*. Ces programmes aboutirent à la fin des années 1980 à l'obtention d'une

Anthracnose.





Pseudomonas solanacearum.

[14] Il valorisa ce travail par une thèse de Doctorat soutenue en 1979.

[15] Nous avons ici une pensée pour Yannick Hébert, décédé en mai 2005 à l'âge de 46 ans, alors qu'il était chercheur à la station d'Amélioration des Plantes de Lusignan.



Photo : Marie-Christine Daunay

Programme d'introgression de la résistance au *Ralstonia solanaceanum* du second géniteur de *S. aethiopicum* : état des descendances au moment de l'arrêt du programme.

trentaine de lignées résistantes à la fois au flétrissement bactérien et à l'anthracnose, et dont la typologie et la couleur des fruits représentaient une large part de la diversité des aubergines cultivées sous les tropiques. Du fait de la décision de l'INRA de stopper les activités sur l'aubergine en 1991, le programme d'introgression de la résistance du second géniteur n'eut pas le temps d'aboutir à des variétés commerciales, et la réalisation d'hybrides F1 entre les meilleures lignées des autres programmes ne put se faire. Cette décision mit fin à un programme de sélection pour les tropiques qui était à la fois original et performant, et faisait de l'INRA un leader dans le domaine de la sélection pour la résistance à l'une des plus graves maladies tropicales de l'aubergine et des Solanacées. Les producteurs antillais ne profitèrent donc pas du travail réalisé à l'INRA pour relancer une production, qui n'est plus maintenant qu'un lointain souvenir. Le matériel de G. Ano est conservé à Montfavet, et sa valorisation en sélection et en recherche est en cours (voir plus loin le réseau français de ressources génétiques Solanacées).

La Nouvelle Époque

Cette nouvelle époque a démarré au tournant des années 1990 avec le développement fulgurant de la biologie moléculaire en Génétique végétale. Les nouvelles techniques, en évolution permanente et permettant l'accès au cœur de l'information génétique, les gènes, leurs produits et leurs fonctions, ont déferlé au moment où les chercheurs de l'Époque des Pionniers commençaient à partir en retraite. La station d'Amélioration des Plantes maraîchères de Montfavet [16] fut radicalement transformée en l'espace de dix ans par le renouvellement du personnel scientifique et technique, l'explosion des activités en laboratoire, l'orientation plus amont des recherches, le recul des expérimentations en serre et au champ. Tout cela eut lieu sur fond de changement profond de l'environnement général de la recherche, en particulier une montée en charge généralisée de l'esprit de compétition entre chercheurs, des difficultés budgétaires, de la contractualisation des recherches, de la

[16] Devenue en 1997 Unité de Génétique et Amélioration des Fruits et Légumes, à la suite de sa fusion avec la station d'Arboriculture fruitière du centre d'Avignon.

Des outils nouveaux pour des problèmes anciens



La génération des chercheurs qui a eu le privilège d'entreprendre des études de variabilité sur des espèces encore très peu connues a été frappée et émerveillée par la diversité du matériel collecté dans les différentes régions du monde. Les usages, les modes de culture, les sols et les climats, sans oublier le hasard des commencements et le choix de générations d'agriculteurs, avaient sculpté des plantes très différentes d'aspect et surtout de comportement.
Au-delà de la description, il fallait rechercher des lois, ou tout au moins décrire des processus morphologiques et physiologiques qui puissent rendre compte des adaptations divergentes des plantes placées dans des milieux types. Les réponses, non moins variées, aux agents pathogènes et aux ravageurs étaient un thème inépuisable puisqu'il s'agissait de caractériser la confrontation de plusieurs populations d'êtres vivants susceptibles d'évolution spatiale et temporelle.
On était alors pleinement conscient des difficultés de l'intégration en un système cohérent des informations collectées dans les différentes approches. Le sujet principal de l'étude était la plante (ou la population de plantes) placée dans un environnement donné. L'unité, mais aussi la plasticité de l'organisme entier étaient reconnues.
Les succès remarquables de la génétique moléculaire sont certes enthousiasmants et apportent des éléments indispensables à la description et à l'interprétation du patrimoine héréditaire. Toutefois, à ne considérer que cet aspect de l'information génétique, le risque existe de sombrer dans le réductionnisme le plus étroit.
Le chemin qui mène du gène à la réalisation phénotypique est complexe et encore bien mal connu. Il comporte des modifications ; il est parsemé de filtres et de boucles de rétro-action. Il ne s'agit pas d'un trajet linéaire.
Le domaine épi-génétique offre donc des perspectives de résultats majeurs, mais il faut forger des outils et dégager des concepts nouveaux. À l'échelle de la plante entière, l'étude de la physiologie de la plante soumise à des contraintes reste un thème majeur. Les moyens matériels et les méthodes à mettre en œuvre sont à développer.
Ceci est un plaidoyer pour l'élargissement, et non le rétrécissement, des champs d'investigation.
Il convient de sauvegarder l'esprit de synthèse et le respect de la mesure et du bon sens qui ont toujours été la marque de l'approche agronomique face à la complexité du réel.

*Edmond Pochard**

* Edmond Pochard, directeur de recherche (retraité depuis 1989) de la station d'Amélioration des Plantes maraîchères d'Avignon, a marqué son passage à l'INRA par l'audace de sa pensée conceptuelle et l'originalité de ses sujets de recherche. Voir "L'histoire du piment" *INRA mensuel* n° 29, mars 1987.



Instantané sur une grande famille

La famille des Solanacées subit des remaniements de classification botanique depuis l'usage de l'outil moléculaire, qui permet un accès à des informations sur la parenté génétique entre les genres et espèces, définis auparavant sur des critères éloignés de la molécule d'ADN. Cependant cette reprise de la classification à la lumière des informations phylogénétiques fait l'objet d'âpres discussions entre taxinomistes. Le genre *Solanum*, qui comporte la moitié des espèces de la famille des Solanacées, hébergeait en particulier la pomme de terre et l'aubergine. Depuis 1993 [1], pour la nouvelle génération de taxinomistes, la tomate (*Lycopersicon esculentum*) ainsi que les espèces qui lui sont apparentées (*Lycopersicon* spp.) ont rejoint le genre *Solanum* et la tomate est devenue *Solanum lycopersicum*. L'aubergine commune, *Solanum melongena*, d'origine asiatique est cultivée sous les tropiques comme en zone tempérée. D'autres aubergines comme *S. aethiopicum* et *S. macrocarpon*, sont cultivées essentiellement en Afrique, où l'on trouve aussi l'ensemble des espèces qui leur sont apparentées (plus d'une centaine).
Des espèces américaines cultivées produisent des fruits légèrement sucrés, acidulés et très fortement parfumés comme le *lulo* en Colombie, appelé *naranjilla* en Équateur (*Solanum quitoense*), le *cocona* ou *topiro* en Amérique hispanophone ou *cubiu* au Brésil (*S. topiro = S. sessiliflorum*) ou le *pepino* ou *melon-poire* (*Solanum muricatum*).

[1] Spooner D.M., Anderson G.J., Jansen R.K., 1993: Chloroplast DNA evidence for inter-relationships of tomatoes, potatoes and pepinos (Solanaceae). *Am. J. of Botany* 80: 676-688.





Variabilité chez l'aubergine africaine : *Solanum aethiopicum* ► et *S. macrocarpon* ▼
Photos : Marie-Christine Daunay

présence de l'administration dans le quotidien (enquêtes, rapports, justifications), sans parler d'une européanisation, bientôt suivie d'une mondialisation des collaborations scientifiques.

Comme dans tous changements, il y eut du bon et du moins bon. Les outils moléculaires donnent un accès extraordinaire à la compréhension de la structure et du fonctionnement des gènes, mais l'impérialisme du paradigme moléculaire a malmené l'originalité agronomique et appliquée des recherches en Amélioration des Plantes, et donne quelque fil à retordre aux esprits non formatés à cette École de Pensée. Quant à la bureaucratisation croissante du métier de chercheur, elle ne fait pas que des heureux et l'on peut se demander au jour d'aujourd'hui, si la multiplication des procédures administratives n'a pas dépassé le seuil où leur coût est devenu supérieur au bénéfice qu'elles sont sensées dégager. Une autre lecture des changements survenus est bien sûr possible ; tout dépend de la position de l'observateur.

Pour en revenir à l'aubergine, dans un environnement devenant de moins en moins propice aux recherches appliquées, les travaux se sont orientés vers la préservation et la valorisation d'un patrimoine génétique en plein accroissement à l'INRA, en s'appuyant sur des collaborations internationales.

Créer des Bases de Données

Pour l'équipe "aubergine", la charnière entre les deux époques (fin des années 1980 et début des années 1990) fut marquée du sceau des bases de données. En effet, à cette époque, la quantité de matériel cultivé et sauvage introduit en collection, ainsi que la quantité d'informations acquises par les évaluations pour la résistance aux maladies tempérées et tropicales, était devenue ingérable manuellement. Une base "aubergine" et une base "*Solanum*" furent créées en 1989 [17]. Ces bases comprenaient à la fois les "données passeport", [18] la caractérisation morphologique et les informations sur la résistance aux agents pathogènes, obtenues à l'INRA ou provenant de la littérature scientifique.

Le savoir-faire de l'équipe "aubergine" fut mis à profit pour créer la première base passeport concernant la collection de tomates de l'INRA (1992).

Il permit également l'informatisation des données passeport d'une partie de la collection de Solanacées de l'université de Birmingham, Royaume-Uni [19]. Dans le contexte d'une Europe de la recherche se construisant, cette première collaboration permit notre implication dans un contrat européen (1993-1996) coordonné par R.N. Lester et impliquant trois autres pays (Pays-Bas, Allemagne, Espagne). L'objectif du *European Solanaceae Information Network* (ESIN) était de créer un système d'information pour la famille des Solanacées, intégrant les données moléculaires à un système de référence taxinomique. Ce projet permit la mise au point d'un prototype de base de données et la soutenance d'un PhD à Birmingham. Une fois le projet terminé, et c'est bien un inconvénient fréquent des recherches contractuelles, il ne put plus évoluer. Le même concept, cette fois recentré sur le genre *Solanum* (qui rassemble la moitié des espèces de la famille des Solanacées) et enrichi (ajout de descriptions, de photos, de l'accès via internet) a été repris en 2004, soit presque 10 ans plus tard, par un projet américain (Plant Biodiversity Inventory) financé sur 5 ans par la National Science Foundation.

Évaluer les ressources génétiques apparentées

Grâce à la collaboration avec R.N. Lester, la collection d'espèces de *Solanum* cultivées ou sauvages et apparentées à l'aubergine s'enrichit beaucoup, et fut rationalisée sur le plan de la détermination des espèces. Cette collection compte actuellement une soixantaine d'espèces provenant de tous les continents et plus de 800 accessions [20]. Son évaluation pour des caractères agronomiques était nécessaire, afin de déterminer l'intérêt des espèces et accessions pour la sélection de l'aubergine. Les recherches d'affinité en croi-

[17] Sur DBASE 3, suite à une formation sur ce logiciel de gestion de base de données. Merci la formation permanente !

[18] On appelle "données passeport", l'ensemble des informations concernant l'identité d'une introduction : nom de la variété ou de l'espèce, origine géographique, nom du fournisseur, date d'introduction en collection...

[19] La collaboration avec R.N. Lester, botaniste et taxinomiste de cette université, informelle depuis 1983, devint officielle en 1991 à 1992 grâce au programme franco-britannique ALLIANCE.

[20] "Accession" est un anglicisme dont l'équivalent français est "introduction". Il désigne toute unité élémentaire d'une collection de ressources génétiques ; unité qui possède son cortège d'informations propres (passeport, description, résistance aux maladies...).

sement sexué entre l'aubergine et ces espèces de *Solanum*, commencées en Angleterre, furent poursuivies à l'INRA à partir de 1993. Quarante et un croisements interspécifiques inédits, avec des espèces jamais utilisées jusque-là, furent tentés. Vingt-deux croisements permirent l'obtention d'hybrides viables, et dix-sept l'obtention de descendances issues de ces hybrides. Par ailleurs, l'évaluation de la collection pour la résistance au *Verticillium* et à *Meloïdogyne* fut reprise, à l'INRA puis dans le cadre de contrats, avec des tests d'infection artificielle en serre pour tester le matériel nouvellement introduit.

Un contrat européen (1998-2001) [21] impliquant la France, l'Italie, l'Inde, l'Indonésie et la Chine, cibla les évaluations de l'INRA pour la résistance à *Verticillium* et *Meloïdogyne incognita* sur un petit nombre d'espèces apparentées à l'aubergine et un grand nombre d'accessions pour chacune de ces espèces, et permit aux partenaires italiens et asiatiques d'étendre l'évaluation pour la résistance à *Fusarium oxysporum* f. sp. *melongenae* et à *Ralstonia solanacearum*. L'objet du contrat était aussi, et surtout, d'utiliser des biotechnologies (en particulier l'hybridation somatique*, l'androgenèse* *in vitro* et des marqueurs iso-enzymatiques et moléculaires) pour introduire dans l'aubergine les résistances des espèces sauvages à ces agents pathogènes et ravageurs du sol. Les hybrides somatiques interspécifiques, obtenus par électro-fusion à Orsay, furent cultivés par les partenaires dans leurs conditions climatiques, et l'obtention de descendances par croisements sexués (voie 2x et 4x) et androgenèse *in vitro* fut tentée. Du point de vue des publications académiques, ces recherches furent assez productives et firent l'objet d'une thèse [22]. Par contre, l'intérêt de ces résultats pour la sélection fut moindre. Ces recherches montrèrent en effet que, pour la gamme d'espèces étudiées (*S. aethiopicum*, *S. torvum*, *S. vianum* et *S. sisymbriifolium*), l'hybridation somatique n'apporte qu'une solution partielle aux problèmes d'incompatibilité en croisement sexué entre l'aubergine et les espèces sauvages [23]. Cette méthode n'apporte pas pour le moment d'avantage décisif sur l'hybridation sexuée pour la gamme d'espèces étudiées.

Le contrat européen EGGNET (2000-2005) (voir § Réseau européen) allait permettre de développer l'évaluation de la collection d'espèces apparentées pour la résistance au *Verticillium* et à *Meloïdogyne incognita*, et de commencer l'investigation de l'affinité en greffage de ces espèces avec l'aubergine. En effet, la valorisation de la résistance d'une espèce quelconque de *Solanum* à des bio-agresseurs du sol est possible soit par sélection après hybridation interspécifique avec l'aubergine (si celle-ci permet d'obtenir des descendances fertiles), soit par usage direct de l'espèce de *Solanum* comme porte-greffe de l'aubergine, et potentiellement de la tomate.

Grâce à l'intérêt de Georges Marchoux et Kahsay Gébré-Sélassié, virologues Solanacées de l'INRA d'Avignon, des recherches sur la résistance à des virus (Tobamovirus, Potyvirus et Tomato spotted wilt virus) furent conduites au cours des années 1990 et permirent l'identification de géniteurs de résistance dans la collection de *S. melongena* et dans la collection d'espèces apparentées. L'étude de l'hérédité de ces résistances a commencé grâce à un contrat de recherche avec la société Gautier Semences (2003) et elle continue via une collaboration interne à l'unité de Génétique et Amélioration des Fruits et Légumes d'Avignon (voir § carte génétique). Par contre, faute de trouver des partenaires pathologistes et entomologistes, aucune recherche de résistances au stolbur n'a jamais pu être conduite, alors qu'il peut affecter certaines années près de la moitié des plantes cultivées en plein champ. Cette maladie est une phytoplasmose qui affecte aussi d'autres Solanacées comme la tomate, le piment et le tabac, et qui est transmise par des ciccadelles. Sur l'aubergine, elle provoque une jaunisse par nécrose du liber et la mort des plantes en 3-4 semaines ou, sur quelques variétés seulement, une hypertrophie du liber et une déformation des pièces florales en pièces végétatives.

La pathologie des nouveaux dépérissements observés en culture d'aubergine greffée sur tomate sous abris est en cours d'étude à la station de Pathologie végétale de Bordeaux (Dominique Blancard). La collection de *Solanum* de l'INRA est une réserve potentielle de résistances utilisables, en particulier sous forme de porte-greffe, mais son évaluation ne sera conduite que sous réserve de l'obtention d'un financement public ou d'un partenariat avec des sociétés de sélection.

Quant au doryphore, ravageur que l'aubergine partage avec la pomme de terre, les seules recherches effectuées au sujet de la résistance, concernent l'utilisation de protéines Bt (issues de *Bacillus thurengiensis*) en transgénèse (travaux italiens), alors qu'il y aurait sans doute de belles surprises à découvrir dans la diversité naturelle de l'aubergine et des espèces qui lui sont apparentées.


Photo : Marie-Christine Daunay

Fleur d'aubergine. Noter la déhiscence porricide des anthères (pores par lesquels s'échappe le pollen).

[21] Coordonné par l'université d'Orsay (D. Sihachakr) et faisant partie du programme INCO-DC de l'Union européenne favorisant la coopération scientifique internationale avec les pays en développement.

[22] C. Collonnier, dirigée par D. Sihachakr, et soutenue à l'université d'Orsay en 2001.

[23] Si elle permet d'obtenir des hybrides interspécifiques quand la voie sexuée ne le permet pas (cas de *S. sisymbriifolium*), la stérilité de l'hybride somatique rend impossible l'obtention de descendances. Quant aux cas où le croisement sexué produisait un hybride interspécifique de fertilité quasi nulle (cas de *S. torvum*, et *S. vianum*) ou très faible (*S. aethiopicum*), l'hybridation somatique produisait des hybrides dont la fertilité n'était pas meilleure que celle des hybrides sexués.

L'aubergine est également utilisée à d'autres fins que pour elle-même, comme par exemple pour élever des pucerons à la station de Biologie Fonctionnelle Insectes et Interactions à Villeurbanne (Alain Clavel), et pour analyser les modalités originales de la résistance de certaines espèces de *Solanum* non tubérifères vis-à-vis des nématodes de la pomme de terre du genre *Globodera* (travaux de Didier Mugniéry, Rennes).

Coordonner des réseaux

• Réseau français des ressources génétiques de Solanacées

Au cours des années 1990, sous l'impulsion du Bureau des Ressources Génétiques, la gestion des ressources génétiques végétales fut organisée en France sous forme de réseaux autofinancés. Comme l'aubergine, le piment et la tomate sont des Solanacées qui partagent des points communs, notamment biologiques, il fut décidé de créer un réseau "Solanacées", qui associerait les partenaires ayant un lien important avec les ressources génétiques de ces espèces. L'objectif du réseau est la mise en commun des ressources génétiques de chacun et la coordination à l'échelle nationale des divers aspects de leur gestion, depuis la création de bases de données, la régénération des semences et leur conservation, la description du matériel, son évaluation pour des caractères d'intérêt agronomique ou scientifique, jusqu'à l'utilisation et la valorisation [24]. L'effectif des collections gérées évolue du fait du versement régulier d'accessions par les partenaires, en particulier l'INRA. En sélection (comme en recherche en amélioration des plantes) la diversité génétique naturelle est la ressource de base. Or depuis la ratification de la Convention Internationale sur la Biodiversité en 1993, qui reconnaît à chaque état sa souveraineté sur les ressources originaires de son territoire, et malgré le Traité International ultérieur sur les Ressources Phyto-génétiques pour l'Alimentation et l'Agriculture, entré en vigueur en 2004, la législation internationale entrave la circulation des ressources génétiques. Dans ce contexte, le réseau français s'est révélé attractif pour les sociétés semencières. Bien que ce réseau soit loin d'avoir atteint son potentiel, en particulier dans le domaine stratégique de l'évaluation pour les caractères agronomiques, il constitue une plate-forme d'échanges de matériel et d'informations, de discussions et de montage de projets, comme la constitution d'une collection commune d'espèces sauvages de tomate (commencée en 2004) et comme le bouclage en cours d'un contrat de recherche international associant l'INRA, le CIRAD, l'AVRDC et six sociétés de semences légumières, sur la génétique de la résistance de l'aubergine, du piment et de la tomate au flétrissement bactérien.

• Réseau européen pour les ressources génétiques de l'aubergine

Les synergies européennes créées par le projet ALLIANCE, puis par le contrat ESIN, furent à l'origine d'un nouveau projet commun, qui prit forme lorsque l'Union européenne lança son premier programme (1994) sur la conservation et la caractérisation des ressources génétiques (régulation 1467-94). C'est à titre de coordonnateur que nous nous engageâmes dans ce troisième contrat européen, le Eggplant Network -EGGNET- (2000-2005) [25] qui avait pour objectif de coordonner la gestion des ressources génétiques de l'aubergine et des espèces apparentées.

Il y aurait fort à dire sur une telle aventure, en des temps où le soutien des différentes instances administratives concernées à l'INRA était, disons très "éthéré". Ce fut, pardonnez l'expression, un "mammouth bureaucratique", un très grand enrichissement humain, et une efficacité technique certaine (création d'une base de données accessible par internet, plus de 1000 accessions régénérées, et des centaines d'accessions évaluées pour une dizaine de caractères d'intérêt agronomique). De plus, ce projet a permis de sauver l'exceptionnelle collection de Solanacées de l'université

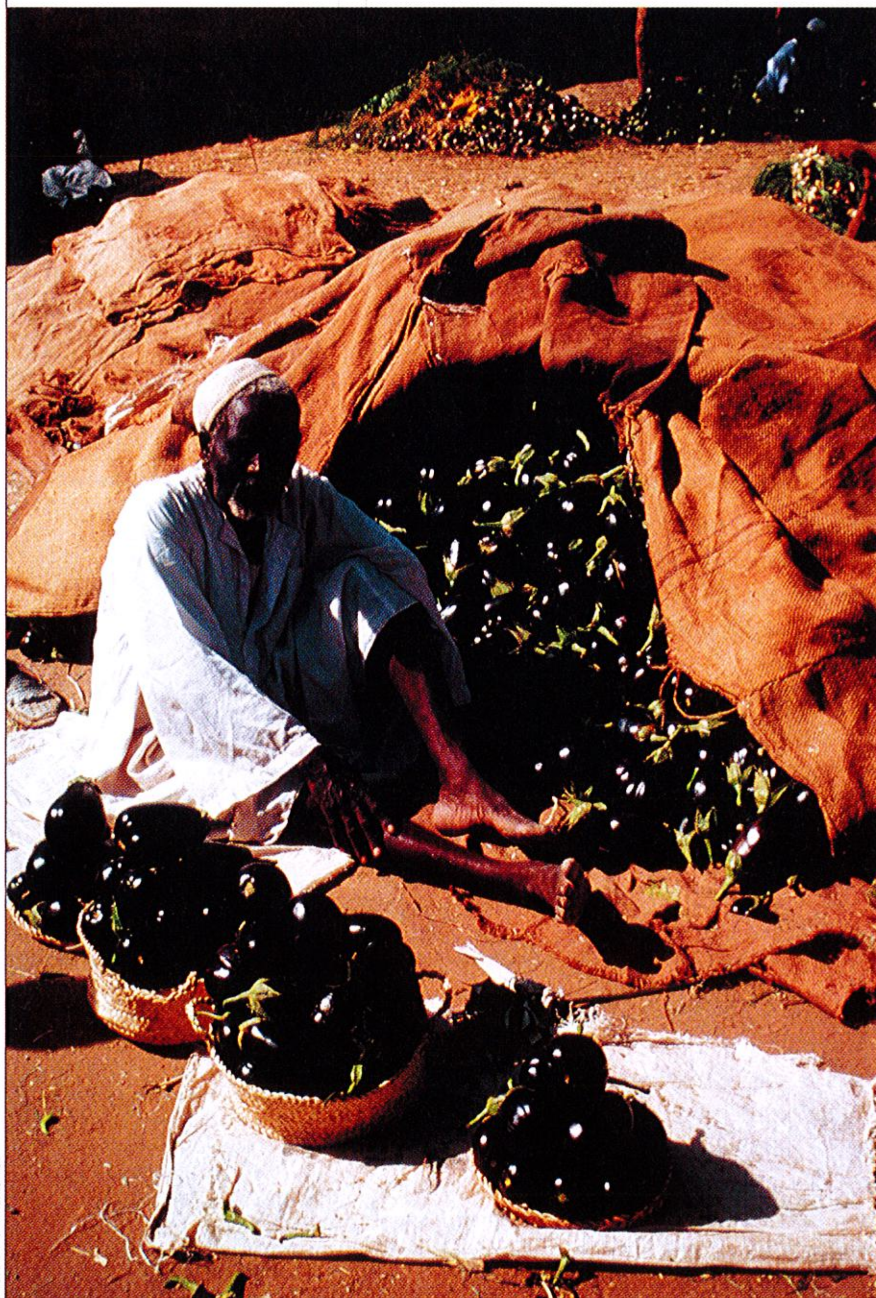


Photo : Henri Laterrot

Aubergines au marché de Wad Medani (Soudan).

24 Initié en 1996 avec l'équipe "aubergine" de l'INRA comme coordonnateur, le réseau associait le GEVES et 8 sociétés de sélection de semences légumières, ainsi que le Potager du Roi et la Société Nationale d'Horticulture de France pour les aspects communication vers le grand public et les jardiniers amateurs. En 2006 le réseau comporte 12 sociétés. Deux contrats avec le ministère de l'Agriculture (1997-1999) puis celui de la Recherche (2002-2003) ont conforté le réseau, qui fonctionne en routine sur l'autofinancement des partenaires.

25 Impliquant 7 pays (France, Angleterre, Pays-Bas, Allemagne, Espagne, Italie et Grèce), 9 partenaires du secteur public et deux sociétés de sélection.

de Birmingham, qui était en péril. Les erreurs de management scientifique n'existent pas qu'en France...

• Réseau européen pour les ressources génétiques des Solanacées

Ce partenariat international amena l'équipe "aubergine" de l'INRA à être identifiée par l'IPGRI comme une ressource humaine potentielle pour créer un groupe de travail "ressources génétiques Solanacées", au niveau de l'Europe géographique. Le Solanaceae Working Group fut initié en 2001, après une enquête recensant les partenaires potentiels, l'état et le contenu des collections de Solanacées en Europe (tomate, piment, aubergine, coqueret du Pérou ou *Physalis*, et tomate en arbre ou *Cyphomandra*). Bien que ce groupe fonctionne sans budget pour les activités techniques [26], quelques pas en avant significatifs ont été réalisés, notamment la définition de protocoles pour la régénération des semences et leur conservation, la définition d'un jeu minimum de 10 descripteurs morphologiques pour chaque espèce (sauf pour *Physalis* spp. et *Cyphomandra* spp.) et communs à tous les pays, et la mise en place des bases de données centrales pour toutes ces espèces [27], sauf pour la tomate dont la base européenne est encore en cours de montage. Ces bases intègrent progressivement les données passeport du matériel en collection dans les pays de la zone Europe, et intégreront à moyen terme sa description selon les descripteurs minimum.

L'ensemble de ces activités en réseaux autour des ressources génétiques d'aubergines ou de Solanacées, à l'échelle nationale ou européenne, avec ou sans financement, ont été à l'origine d'une réflexion sur les points forts et faibles d'un point de vue pratique, des systèmes de gestion des ressources génétiques centralisés et décentralisés. Elle a été l'objet d'une communication [28], dont l'intérêt est d'être basé sur du vécu, au-delà des approches exclusivement théoriques.

Prendre en compte la socio-économie des ressources génétiques

On assiste depuis quelques années à un nouvel intérêt des producteurs "alternatifs" [29], pour les ressources génétiques en lesquelles ils voient des sources de produits de terroir, traditionnels ou de qualités particulières, et une possibilité de réappropriation des semences et de l'évolution des variétés qu'ils utilisent. Les Solanacées, en particulier la tomate et l'aubergine, font partie des espèces qui ont retenu leur attention. Ce mouvement rejoint les préoccupations des jardiniers amateurs, pour lesquels un registre annexe des variétés anciennes a été créé en 1997 par arrêté ministériel [30]. L'observation en culture d'un certain nombre de ressources génétiques a commencé en 2005 pour la tomate et en 2006 pour l'aubergine, et a suscité l'intérêt de la part des producteurs. Les modalités de valorisation en culture de ces ressources devront être définies dans un avenir proche, avec l'aide du Bureau des Ressources Génétiques et du GEVES [31].



Photo : ©RMN - Thierry Ollivier

Récolte d'aubergines. Haronabu Suzuki (1725-1770) époque Edo, Japon, Musée Guimet, Paris.

26 Seules les réunions peuvent être prises en charge par l'IPGRI

27 http://www.ecpgr.cgiar.org/Workgroups/solanaceae/solanaceae.htm

28 Au colloque AFCEV (Association française pour la conservation des espèces végétales) sur la diversité des légumes, qui s'est tenu à Angers en septembre 2005 (encore sous presse).

29 Agriculture biologique, vente directe, réseaux de producteurs, associations...

30 Avec pour objectif le rapprochement de cette mouvance avec le secteur officiel des semences, une collaboration a été initiée en 2003 avec des chercheurs de l'unité Éco-Développement du SAD d'Avignon (département des Sciences pour l'Action et le Développement, anciennement département Systèmes Agraires et Développement) d'Avignon, Christian Deverre et Stéphane Bellon, ainsi que Véronique Chable de l'unité de Recherche SAD-Paysage, Rennes. Une première enquête (2004), présentée en 2005 au colloque AFCEV d'Angers (Perrot *et al.*, sous presse) a permis de dresser la liste des principaux protagonistes et de leurs modes de fonctionnement.

31 GEVES : Groupe d'Étude et de Contrôle des Variétés et des Semences.



Solanacées, une recherche qui se mondialise

La famille des Solanacées compte parmi ses membres de grandes espèces agricoles et horticoles.

Dans le cadre d'un marché de la semence qui s'est mondialisé depuis les années 1990, les progrès de la sélection ont une importance stratégique. Qui dit sélection dit bien sûr génétique, et les formidables avancées de la génétique moléculaire depuis une vingtaine d'années ont mis en avant à des degrés divers les similarités, • des cartes génétiques de plusieurs espèces (en particulier, la pomme de terre, la tomate, le piment et l'aubergine) et • de positions et/ou de fonctions de gènes contrôlant des caractères identiques ou voisins entre ces espèces. Ainsi, la possibilité de faire bénéficier une ou plusieurs espèce(s) des progrès de la connaissance du génome d'une autre, ajouté au coût de grands travaux de génomique comme le séquençage de génomes ou la constitution de banques de marqueurs ou de diverses familles de segments d'ADN (comme les BAC et EST par exemple), a conduit la communauté scientifique impliquée à divers titres sur les génomes des Solanacées, à s'organiser pour faciliter l'accès à l'information, et mutualiser des actions d'envergure comme le séquençage de la tomate, actuellement en cours et partagé entre dix pays. Baptisée 'Solanaceae Genomics Network' et lancée en 2003 par l'université de Cornell et l'université hébraïque de Jérusalem, cette collaboration internationale est axée autour d'un site web (http://sgn.cornell.edu/) et d'un workshop annuel. L'élargissement de cette initiative internationale, suscitée initialement par les généticiens moléculaires, vers la taxonomie et les ressources génétiques, est un signe encourageant.



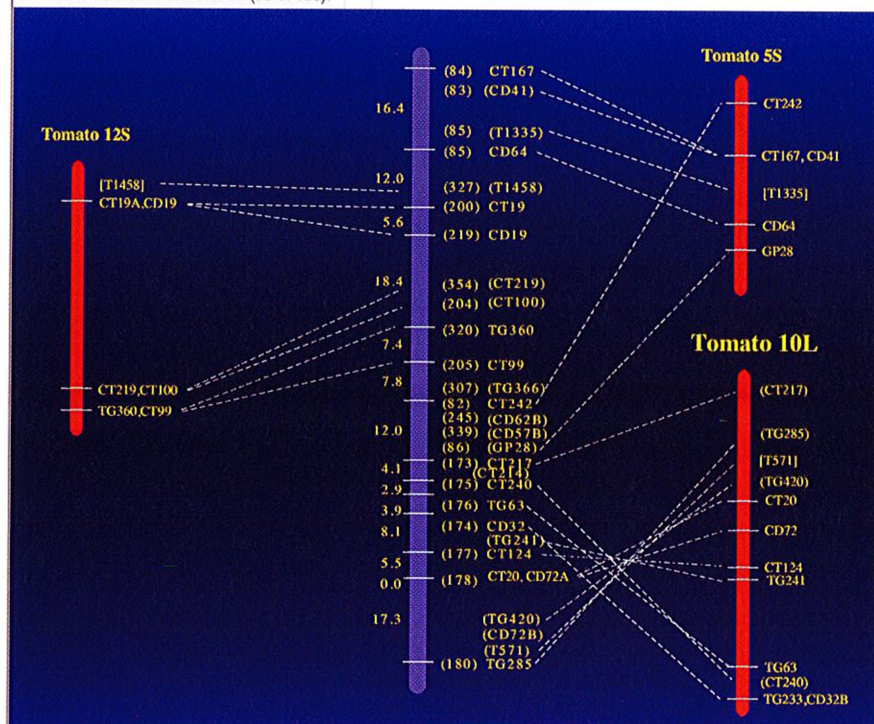
Photo : Marie-Christine Daunay

Population de cartographie issue du croisement (*Solanum linnaeanum* (en haut à gauche) x *S. melongena* (en haut à droite).

La première carte génétique de l'aubergine

Au tournant des années 2000, la cartographie génétique moléculaire était pratiquée sur un nombre croissant d'espèces. Un partenariat non officiel fut engagé avec des chercheurs du Plant Breeding Department de l'université de Cornell (USA) en 1999, intéressés par l'aubergine dans le contexte d'une approche de cartographie comparative entre génomes de Solanacées (synténie*). L'INRA créa une descendance en ségrégation issue d'un croisement interspécifique entre l'aubergine et une espèce sauvage (*S. linnaeanum*). Le génotypage fut réalisé aux USA, le phénotypage en France. Le résultat de ce travail en commun fut en 2002 et 2003 la création de la première carte moléculaire de l'aubergine avec des marqueurs Restriction Fragment Length Polymorphism (RFLPs), le positionnement des facteurs génétiques impliqués dans le contrôle de la variation de nombreux caractères morphologiques (grosseur du fruit, spinosité*, anthocyanes, ...), et la première caractérisation de la synténie entre l'aubergine et d'autres Solanacées, en particulier la tomate. Par exemple, il fut montré que la couleur verte réticulée du fruit d'aubergine est sous contrôle d'un facteur génétique positionné dans une zone chromosomique où se trouvent également deux gènes (*Fs* et *u*) contrôlant le collet vert du fruit de tomate. À une époque très défavorable à l'INRA aux petites équipes et aux petites espèces, cette collaboration informelle et fructueuse fut indirectement, et bien que ce ne fût pas là son objet, une démonstration probablement urticante de l'efficacité d'un partenariat ancré uniquement sur la volonté de ses acteurs. Basé sur une complémentarité de compétences, il se poursuit avec les mêmes chercheurs actuellement en poste à l'Izmir Institute of Technology (Turquie). Dans le cadre d'un contrat étendu à Keygene et trois sociétés de sélection de semences légumières, la carte moléculaire a été complétée en 2004-2005 par quelque 400 marqueurs Amplified Fragment Length Polymorphism (AFLPs). La recherche de polymorphisme entre les parents de la population de cartographie s'est étendue ultérieurement à des collaborations internes à l'unité de Génétique et Amélioration des Fruits et Légumes (GAFL) pour la résistance au virus Y de la pomme de terre et à certaines espèces de *Phytophthora*, et s'est révélée prometteuse pour l'étude de la synténie entre Solanacées pour les facteurs de résistance à ces deux agents pathogènes. Par contre, la recherche de polymorphisme pour la résistance à la salinité en collaboration avec la station de Plantes et Systèmes de Cultures Horticoles (PSH) Avignon, bien que prometteuse d'après les données écologiques et bibliographiques, n'a pas abouti.

Exemple de cartographie comparative entre l'aubergine et la tomate
Le chromosome "LG 10L-5S-12S" d'aubergine (en violet) est composé d'une réorganisation de plusieurs fragments de chromosomes de tomate (en rouge) : bras long du chromosome 10 (10L) et bras courts des chromosomes 5 et 12 (5S et 12S).



Le mot de la fin

Notre lecteur est-il à présent convaincu que la diversité des sujets de recherches ayant eu, ayant encore, ou pouvant avoir l'aubergine pour sujet ou objet est beaucoup plus grande qu'il ne l'avait imaginé au premier abord ? L'histoire de l'aubergine à l'INRA montre que cette espèce est un monde en soi, avec toutes ses particularités, notamment biologiques. Elle est aussi une ouverture sur d'autres espèces (les autres Solanacées et en particulier le piment et la tomate) avec lesquelles elle partage des caractéristiques biologiques, agricoles et scientifiques. Elle est enfin une plate-forme de collaboration entre les pays à haute technologie et les pays émergents où elle est économiquement importante. Cultivée en zone tempérée mais encore plus sous les tropiques, l'aubergine est un sujet d'intérêt commun entre l'INRA de métropole et des Antilles, et les instituts de recherche dédiés aux tropiques (l'IRAT, puis le CIRAD), comme le montrent les fortes collaborations qui ont marqué le début de cette histoire de l'aubergine (avec la création de l'hy-

Iconographie et Variétés anciennes



Avant l'invention de la photographie, l'iconographie dessinée ou imprimée puis peinte était la seule technique pour fixer et transmettre visuellement les caractéristiques morphologiques des plantes, qui étaient la base principale de la pharmacopée. Ces images avaient une grande importance dans la transmission de la connaissance des plantes, à l'époque où aucun système de classificationet d'identification fiable n'avait encore été mis au point. Ce fut Linné qui au cours du 18ème siècle, définit un tel système. Le fond iconographique disponible en Europe est principalement constitué d'herbiers manuscrits et peints du Moyen Âge, d'herbiers dessinés ou imprimés parfois peints aux temps de la Renaissance, et de supports plus variés, comme les vélins et les tableaux dans les siècles qui suivirent. Ces images, d'abord destinées aux praticiens de la médecine, devinrent peu à peu des documents purement botaniques, dont la précision n'a rien à envier aux photographies argentiques ou numériques d'aujourd'hui. Elles sont, avec les textes qui les accompagnent, pour les généticiens et les gestionnaires de collections, une riche source d'informations quant aux types variétaux du passé, leur évolution au cours du temps et l'apparition de nouveaux caractères.
Une recherche des images représentant les Solanacées a été menée en 2005-2006 dans le cadre d'une collaboration de l'INRA avec des historiens français et l'université de Purdue (Indiana, USA) sur la période couvrant l'antiquité jusqu'au courant du 17ème siècle.
Bien que ce travail doive être complété, en particulier avec des documents historiques asiatiques, pré-colombiens et des premiers temps qui suivirent la découverte du continent américain, il a déjà fourni une grande quantité d'informations. Ainsi les aubergines du Moyen Âge étaient-elles globuleuses, violettes et parfois blanches, et ce n'est qu'au cours de la Renaissance que des types pyriformes et longs apparurent, ainsi que des couleurs diversifiées. Cette recherche, présentée à la 6ème conférence internationale sur les Solanacées (Madison, USA, Juillet 2006), a suscité l'intérêt de généticiens voyant dans ce type d'étude un moyen de dater l'apparition des mutations affectant les fruits (en particulier leur forme) et de faire connaissance avec une histoire qui a abouti aux types d'aujourd'hui.

bride *Kalenda* aux Antilles), et qui font partie d'un avenir en marche (contrat de recherche sur la résistance au flétrissement bactérien).
Si, au cours de son histoire, l'aubergine a subi un certain nombre de décisions arbitraires de la part des décideurs, sans que les frustrations pour les chercheurs ou les producteurs concernés soient prises en compte et avec pour résultat contre-productif que certains fruits de la recherche n'ont pas été exploités, son exemple montre aussi que, sous réserve de conviction et d'énergie, et d'un partenariat scientifique diversifié, exister sur la scène scientifique internationale est possible, même si l'on est petit en terme d'espèce, d'équipe et de moyens et que l'on évolue en dehors des autoroutes définies par la politique scientifique. Sa vigueur doit tout à la demande de son environnement horticole (par exemple des agriculteurs recherchant des variétés de terroir), économique (sociétés de sélection en quête de synergie avec la recherche publique) et scientifique (chercheurs français ou étrangers). C'est ainsi qu'elle contribue depuis presque cinquante ans à l'avancée de questions de recherche ou techniques, proches du terrain, grâce aux chercheurs successifs qui ont établi les fondations sur lesquelles le futur se construit peu à peu. Elle participe ainsi, à son échelle modeste, au rayonnement de l'INRA.
Ironiquement, l'histoire de l'aubergine s'est trouvée pimentée (le piment n'est-il pas une épice à la fois plaisante et irritante !) dans la période où les remous de la restructuration du DGAP menaçaient de la faire chavirer, du fait quelle n'avait jamais été autant sollicitée par l'étranger et autant productive en termes de publications, de contrats et d'invitations à des congrès et de participation à des ouvrages. Nous appellerons cela, un certain décalage... Même si La Fontaine, et Esope avant lui, promettent que la raison du plus fort finit par avoir raison du plus faible, leur assurance que l'on a toujours besoin de plus petit que soi se trouve pour le moment confortée puisque les réseaux de ressources génétiques Solanacées, qui englobent la tomate et le piment, ont trouvé leur dynamique dans celle de l'aubergine.

Enfin, je ne peux réfréner cette envie de dire ma conviction que les potentialités de l'intelligence et de la créativité ont besoin d'un espace de liberté mis à mal par le réductionnisme ambiant du vivant à ses seuls gènes et par une bureaucratie envahissante. La diversité des espèces étudiées, des angles et des échelles sous lesquels on les étudie, et des domaines académique ou appliqué des sujets de recherche, sont des sources de richesse et d'avenir infiniment plus prometteuses que les monocultures et les monolithismes conceptuels et thématiques qui sont dans l'air du temps. Empruntant à Philippe Prior la forte image "de la paire de bottes à la paire de bases", je conclurai par une évidence trop souvent oubliée : avant et après l'ADN, il y a toujours la plante entière et la réalité agricole.

Marie-Christine Daunay
Génétique et Amélioration
des Fruits et Légumes, Montfavet
Avec les contributions de
Edmond Pochard, Charles-Marie Messiaen, Serge Aubert, Gaston Ginoux, Pierre Dauplé, Benoît Jeannequin, Dominique Blancard, Philippe Malet, Paul-Gérard Schoch, Stéphane Bellon, Véronique Chable

Petites espèces, Grands enjeux



La mondialisation du marché des semences légumières et la mutualisation des recherches dans des partenariats contractuels internationaux apportent un second souffle aux recherches sur *S. melongena* ; et indirectement bénéficient aux aubergines africaines, qui constituent par ailleurs un de ses pools génétiques prometteurs. Les efforts de sélection de la seule société européenne travaillant sur les aubergines africaines sont confortés depuis 1999 par l'INRA dans le cadre d'une convention de recherche. Il y aurait beaucoup à dire sur le pilotage des recherches publiques et privées en amélioration des plantes par la rentabilité scientifique ou commerciale, dans le contexte brûlant de l'aide aux pays en développement et de la nécessité de modes de production plus respectueux de l'environnement. Mais laissons le lecteur poursuivre seul ses réflexions, car c'est une histoire bien plus large que celle de la seule aubergine.

Pour en savoir plus

• N. Kehayan, 1991. *Les voyages de l'aubergine*, 146 recettes, Éditions de l'Aube, coll. Cuisines migrantes, 248 p.
• C. Rabaa, 2001. *L'aubergine*, Éd. Actes Sud, coll. Chroniques du potager, 98 p.
• M. Pitrat, Cl. Foury, coord. 2003. *Histoires de légumes. Des origines à l'orée du XXIe siècle*, INRA Éditions, 414 p.

GLOSSAIRE

Autogame : système de reproduction préférentiel par autofécondation.
Corky root : dégénérescence liégeuse des racines due au champignon du sol *Pyrenochaeta lycopersici*.
Hétérosis : supériorité phénotypique du croisement par rapport aux parents (meilleur parent). Peut se définir au niveau d'un croisement ou d'une population.
Hybride F1 : structure génétique issue du croisement entre deux lignées pures (homozygotes).
F2 : génération issue de l'autofécondation de la F1.
Back-Cross 1 (BC1) : génération issue du rétro-croisement de la F1 par un de ses parents.
Hyperparasite : Insecte prédateur d'autres insectes.
Lignées isogéniques : lignées ne différant l'une de l'autre que par un très petit nombre de gènes (1 ou 2), obtenues par rétro-croisement.
Hybridation somatique : technique provoquant la fusion de deux protoplastes (cellules somatiques débarrassées de leur paroi par un traitement enzymatique) provenant de deux plantes différentes.
À partir des protoplastes fusionnés, on régénère par culture *in vitro* des plantes entières, appelées hybrides somatiques.
Androgénèse : régénération de plantes haploïdes à partir de cellules polliniques.
Synténie : conservation de la position et de l'ordre des marqueurs moléculaires sur les cartes génétiques d'espèces différentes.
Spinosité : caractérise la présence de plus ou moins d'épines sur les parties végétatives (tiges, feuilles, calices) d'une plante.



Photo : ©Galerie Jeanette Ostier, Paris

Aubergines et poème waka, Kamo no Suetaka (1751-1842) encre de Chine sur papier (Japon).



Photo : ©BNF

Flore : aubergine, Melongiana (détail). Ibn Butlân, *Tacuinum sanitatis* (Taqwim es siha). Allemagne, Moyen Âge, 1445-1451 ?. Manuscrits occidentaux. Latin 9333, fol 21.

Poésie & érotisme



Un dicton japonais rapporte que le plus heureux présage pour un rêve de Nouvel an est d'abord le mont Fuji, puis le faucon, et enfin l'aubergine. Dans ce pays du soleil levant, rêver à trois aubergines est aussi un signe de bonheur. Est-ce lié à la connotation érotique que les formes de ce légume peuvent évoquer ? Dans certains ouvrages illustrés du Moyen Âge occidental, comme les *Tacuinum sanitatis*, la représentation de plantes d'aubergine aux beaux fruits oblongs est accompagnée de scènes de séduction sans équivoque. Pierre Andrea Matthioli, herbaliste de la Renaissance, mentionne dans son herbier illustré de 1605 à propos de l'aubergine : "Il y a de nos gens qui mangent les pommes d'amours*, pour fe rendre plus difpofsts au ieu** des dames".

* Vocable partagé un temps avec la tomate.

** Entendre "ieu" pour "jeu" (et non pas "yeux") dans le vocabulaire actuel.

Les équipes concernées

Ont contribué depuis 1958, ou contribuent encore aux recherches sur l'aubergine (liste non exhaustive)

- **Amélioration des plantes maraîchères** (devenue en 1997 Génétique et Amélioration des Fruits et Légumes),
- **Avignon :** Edmond Pochard, Hervé Serieys, Robert Dumas de Vaulx, Daniel Chambonnet, Georges Breuils, Anne-Marie Sage-Palloix, Augustine Florent, Évelyne Jullian, Aline Rieu, André Moretti, Carole Caranta, Véronique Lefebvre.
- **Amélioration des plantes, Antilles :** François Kaan, Georges Ano, Joseph Manyri, Georges Gélabale.
- **GEVES, Les Vignères :** Jacques Brossier, Georges Breuils, Richard Brand, Ingrid Mazal.
- **Bioclimatologie, Avignon :** Philippe Malet, Paul-Gérard Schoch, Jean-Claude L'Hotel, Pierre Rieu.
- **Agronomie, Avignon :** Pierre Cornillon.
- **Plantes et Systèmes de Culture Horticoles :** Stéphane Adamowicz, Jacques Le Bot, José Fabre.
- **SEI/URI/SRIV, Avignon :** Pierre. Dauplé, Pierre Vergniaud, Gaston Ginoux, Régis Laurent.
- **Station d'expérimentation horticole, Alenya :** Robert Brun, Benoît Jeannequin, Jacques Peyrière et Pierre Ayats.
- **SAD-Paysage, Rennes :** Véronique Chable.
- **SAD-Éco-Développement, Avignon :** Christian Deverre, Stéphane Bellon, Nathalie Perrot.
- **Technologie des Produits végétaux, Avignon :** Serge Aubert, Max Tacchini.
- **Pathologie végétale, Antilles, Avignon, Montpellier, Bordeaux :** Charles-Marie Messiaen, André Beyries, Jacques Fournet, Georges Marchoux, Kahsay Gébré-Sélassié, Patrick Gognalons, Alain Buffière, Dominique Blancard.
- **Nématologie, Antibes :** André Dalmasso ; **Rennes :** Didier Mugniery.
- **Lutte Biologique, Valbonne :** Jean-Claude Malausa, Jean-Claude Onillon, Jean-Pierre Lyon.
- **IRAT, Martinique :** Patrick Daly.

Sans compter tous ceux, ingénieurs et techniciens des chambres d'Agriculture, groupements de producteurs et stations expérimentales du Sud-Est, du Sud-Ouest et du CTIFL, qui ont mené durant toute la période couverte par cet article, et la plupart du temps en partenariat avec l'INRA, de nombreuses expérimentations sur les variétés d'aubergine et les techniques culturales applicables à cette espèce.

Nous utilisons ici les dénominations en vigueur des unités, au temps des collaborations. Cette liste est non exhaustive, nous avons probablement et bien involontairement oublié des personnes qui ont participé à la saga de l'aubergine à l'INRA ; nous leur demandons de bien vouloir nous en excuser.

Remerciements

Mes remerciements vont tout d'abord à *Évelyne Jullian* avec qui je fais équipe depuis 28 ans et sans l'aide technique de qui beaucoup des recherches décrites ici n'auraient pu se faire. Ils s'adressent également à *Richard Brand* et *François Boulineau* (GEVES, Les Vignères et Brion), *Patrick Gognalons* et *Georges Marchoux* (Pathologie végétale, Avignon), et *Henri Laterrot* (retraité de la station d'Amélioration des plantes maraîchères, Avignon) pour leurs compléments d'informations et suggestions ; *Robert Dumas de Vaulx* (UMR Amélioration et Santé des Plantes, Clermont-Ferrand) pour ses critiques constructives.

Astuces

Aubergine et gourmandise

Le monde de la cuisine, surtout en Afrique du Nord, sait combien les aubergines que l'on frit sont gourmandes d'huile : on raconte [1] qu'une jeune fille préparait des aubergines frites avec un art consommé et en avait acquis une réputation qui parvint aux oreilles d'un imam. Celui-ci obtint sa main... ainsi que 12 jarres d'huile en dot. Hélas, douze jours plus tard, la préparation des aubergines frites avait vidé les 12 jarres ! D'où le nom aujourd'hui donné à la recette : "l'imam en syncope".

Pour éviter l'absorption d'huile, les cuisiniers font "dégorger" les aubergines avant de les frire : ils les salent ou les plongent d'abord dans l'eau salée. On dit que ce dégorgement ôte en outre leur amertume. Il s'agit là d'un exemple parmi 25 000 (collectionnés depuis 1980 dans les livres français de cuisine) de "précisions culinaires" : j'ai proposé de nommer ainsi les dictons, tours de main, adages, maximes... Ces intuitions, observations, impressions... sont parfois justes, mais aussi parfois fausses : l'empirisme a empilé des strates qui n'ont pas toutes la même solidité : on pense évidemment à l'influence de la lune sur la stabilité de la mayonnaise ! À propos des aubergines, la question se pose. Est-il utile de faire dégorger les aubergines avant de les frire ? Combien de temps doit durer le dégorgement ? Comment le pratiquer ?

Avec quels ingrédients ? Observons tout d'abord que l'effet d'**osmose** mis en œuvre est souvent bien mal décrit dans les livres de science de l'aliment, voire de physique : ce n'est pas l'eau qui sort en raison d'une différence de concentrations en eau ou en molécules "dégorgeantes" (le plus souvent le sel) entre l'intérieur et l'extérieur du tissu végétal, mais un équilibre qui s'établit différemment de l'état initial et qui correspond à une sortie globale de l'eau.

Sur la base d'idées physico-chimiques assainies, nous sommes alors incités à **tester non seulement le sel, traditionnel, mais aussi le sucre** (de solubilité dans l'eau supérieure à celle du sel), voire d'autres ingrédients alimentaires. Par exemple, quand on fait dégorger des rondelles de courgettes de 60 gr (avec la peau) pendant une heure dans du sucre, du sel, du vinaigre ou de la farine, leur masse devient respectivement (à un gramme près): 25, 40, 42, 60 gr. Comme prévu, le sucre est plus efficace. La taille des cristaux de sel ou de sucre est-elle importante ? On observe peu de différences entre le sel fin et le gros sel, et la présence de la peau ne modifie pas les résultats, quand les courgettes sont en rondelles. Les aubergines donnent des résultats similaires.

Combien de temps doit-on faire dégorger ?
Les livres de cuisine font, au total, un tableau incohérent : 5 mn, 1/4 d'heure, une 1/2 heure, 1 heure, 2... Comment s'y prendre, pour faire dégorger rationnellement ? Réponse : expérimenter, sans espoir de publication dans des revues internationales qui nous vaudront la reconnaissance. Mais quel amusement, en contrepartie... Et puis, il en va de la question culinaire, essentielle au quotidien.

C'est ainsi que j'invite les lecteurs à préparer des rondelles de courgettes de diverses épaisseurs, en supposant que le dégorgement s'effectue principalement par la partie exposée, et non par la peau (hypothèse à tester ultérieurement). Puis déposons des rondelles dans du gros sel et mesurons leur masse toutes les 15 mn (il faut évidemment prendre quelques précautions expérimentales). Le dégorgement est d'abord rapide, pendant 1 h 1/4, puis lent. Si l'objectif est de faire dégorger le plus possible des courgettes [2] en un minimum de temps, il sera préférable de procéder à un dégorgement dans le gros sel pendant 1 h 1/4 plutôt que 5 mn, ou 1/4 d'heure...

Reste la question de l'intérêt de faire dégorger les aubergines. Pour tester son effet sur l'absorption d'huile en cours de friture, on fait dégorger des rondelles d'aubergines dans différentes conditions [3].

Avec des rondelles de 13 gr, dégorgées ou non dégorgées, après 6 mn de cuisson à 165 °C, leurs masses respectives sont de 7 et 15 gr.

La conclusion s'impose : le dégorgement limite l'absorption d'huile à la friture.

Oui mais... les rondelles dégorgées pendant trop longtemps sont excessivement salées. Répétons les expériences avec des rondelles toutes de même masse (12 gr), dégorgées pendant des temps différents (15, 30, 60 et 120 mn) avant d'être frites à la température de 190°C pendant 5 mn. On observe que l'absorption d'huile est limitée pour les rondelles dégorgées pendant une heure (la masse ne change pas), tandis que le goût salé est approprié. En revanche, pour les rondelles dégorgées moins longtemps, la masse augmente [4] en raison de l'absorption d'huile. Pour les rondelles dégorgées pendant deux heures, la masse diminue (de 2 gr) mais le goût est excessivement salé.

Ainsi, un dégorgement d'une heure est approprié pour des rondelles d'aubergines de 12 grammes.

Et l'**influence des variétés**, dans tout cela ? Je vous laisse expérimenter...

Hervé This,
Groupe INRA de gastronomie moléculaire,
UMR 214 INRA/AgroParisTech ■

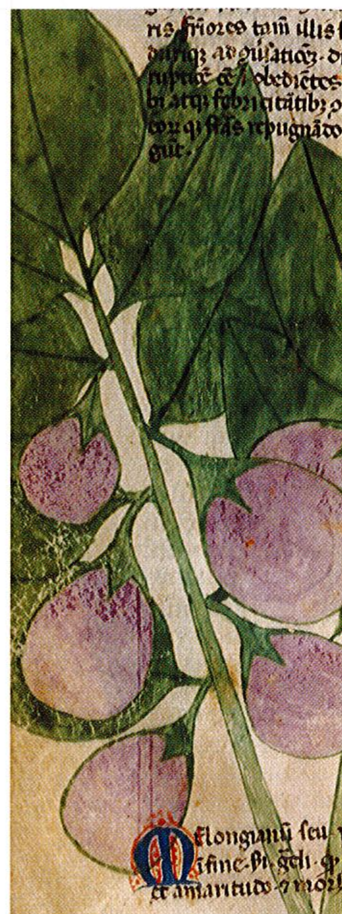


Photo : ©BNF

Détail de l'illustration page 30.

[1] Cette histoire est développée dans Histoire et Recherche "Mémoires d'aubergine" de ce numéro.

[2] Dans la foulée, testons le dégorgement de divers légumes et fruits : courgettes, aubergines, concombre, oranges, pommes, poires... Les résultats sont bien différents, notamment parce que les structures de ces végétaux sont très différentes, et notamment parce que les contenus en eau varient.

[3] Prenons des rondelles d'aubergine pesant respectivement 11, 12, 20, 29 grammes. Après 3 heures et 35 minutes, leur masse est respectivement égale à 9, 8, 13, 21 grammes. On frit alors dans de l'huile de tournesol à 145°C. La rondelle 2 perd 2 grammes après 3 minutes de friture. Au contraire, une rondelle non dégorgée de masse initiale égale à 17 grammes finit avec une masse de 21 grammes. Puis on répète l'opération avec la rondelle 3 (13 grammes) et une rondelle de même masse (13 grammes), non dégorgée.

[4] De 3 grammes pour les rondelles dégorgées pendant 15 minutes, et de 1 gramme pour les rondelles dégorgées pendant 30 minutes.

Résonances

Pays, paysans, paysages
Trente ans après

"Comparativement à d'autres zones de montagne, les paysages dans les Vosges du Sud restent ouverts et globalement leur observation témoigne de la vitalité de la région. Il y a 30 ans, ce scénario nous avait paru possible, mais si l'agriculture et les pratiques agricoles mises en œuvre en sont responsables, les forces socio-économiques motrices ne sont pas tout à fait celles que nous avions envisagées, en particulier la montée en puissance d'un tourisme vert.

Il est rare qu'une équipe de recherche ait la possibilité de retourner sur le terrain d'une de ses recherches trente ans après son travail originel. C'est ce que nous avons pu faire récemment en passant quelques jours dans les Vosges du sud, où nous avions étudié les relations entre les paysages et les paysans dans le cadre d'un pays" [1].



Photo : Gérard Paillard

Exploitation agricole dans la région vosgienne.

Un article rend compte des leçons tirées de cette expérience, riche malgré sa brièveté, de septembre 2004 à septembre 2005. Il paraîtra intégralement dans un prochain *Courrier de l'Environnement*. Nous en reprenons quelques extraits avec l'amicale autorisation de l'équipe du *Courrier* et des auteurs.

Les auteurs s'interrogent sur ce qu'ils pouvaient attendre *a priori* d'un tel retour sur le terrain, la réflexion sur ces questions ayant bien entendu orienté la façon dont ils ont travaillé. Ils présentent les méthodes utilisées et les sérieuses limites qui en découlent, pour la portée du faible nombre d'observations qu'ils ont pu faire et pour les leçons tirées. Au cœur du sujet : que peut-on dire des relations entre pays, paysans et paysages dans les Vosges du sud aujourd'hui ? Ces relations ont changé depuis trente ans sous l'effet de tendances ou de forces économiques et sociales puissantes sur lesquelles ils se sont interrogés.

Ceci leur permet de discuter ensuite du rôle des instances publiques et d'esquisser ce que pourrait être un programme de recherche destiné à éclairer le choix des politiques publiques. Enfin, des leçons sont tirées d'ordre conceptuel et méthodologique sur des questions soulevées il y a trente ans et aussi sur la façon dont les auteurs ont travaillé au cours de cette récente et brève visite de terrain.

Les illustrations permettent de comparer les mêmes paysages, il y a 30 ans et aujourd'hui.

[1] INRA-ENSSAA, 1977.
"Pays, Paysans, Paysages dans les Vosges du Sud" ouvrage collectif, 1977, 201 p., 2e éd., 1995.

Les auteurs savent gré à tous les acteurs impliqués dans la construction des paysages d'avoir bien voulu répondre à leurs questions. Leur recherche n'aurait pas été possible sans l'appui financier du département INRA Sciences de l'Action et du Développement, de l'unité INRA Listo Dijon et du centre INRA de Dijon, qu'ils en soient ici vivement remerciés.

“La place des paysages dans les débats sur la politique agricole et le développement rural est maintenant très importante alors qu'elle ne faisait qu'affleurer dans les consciences il y a trente ans. Le rôle des agriculteurs dans l'entretien des paysages est couramment mis en avant lorsque l'on cherche à préciser les fonctions non-marchandes remplies par une agriculture dont le caractère multifonctionnel est maintenant largement reconnu dans les pays développés.
[...]
Compte tenu de ces débats actuels, notre recherche ayant été l'une des premières à analyser en détail les relations entre paysages et pratiques des agriculteurs, il nous a paru intéressant de réexaminer les relations que nous avions mises en évidence, de voir si elles avaient changé et en quoi, pour nous interroger enfin sur les leçons que l'on peut tirer de ces analyses pour l'éclairage du débat sur des politiques publiques qui sont au cœur de l'actualité.
[...]
Au plan des concepts et des méthodes, les questions étaient également nombreuses. Nous avions forgé, il y a trente ans, plusieurs concepts originaux et en avions emprunté d'autres, comme ceux de pratique agricole et de terroir, en leur donnant une signification particulière. Ces concepts sont-ils encore opératoires aujourd'hui ? Notre approche reposait surtout sur l'observation et l'analyse à plusieurs échelles d'espace, les différents niveaux (parcelles, exploitations, terroirs, massif pour citer les plus importants) étant articulés entre eux. Ces niveaux sont-ils encore pertinents ? Les articulations ont-elles changé ? En quoi ? Pourquoi ?

Nous avons donc collecté quelques données sur les évolutions démographiques et nous nous sommes intéressés à l'évolution du tourisme.
[...]
Il y a une trentaine d'années, nous avions justifié le choix des Vosges du sud comme terrain d'étude par la rapidité de la régression de l'agriculture dans cette zone depuis 1950. Ceci reflétait clairement des hypothèses, implicites ou explicites, sur les déterminants de l'évolution des paysages : “la montagne vosgienne a été le siège d'une régression très rapide de l'agriculture, ce qui a provoqué une transformation rapide des paysages. Toutefois, alors que dans le nord du massif la fermeture du paysage due à l'extension de la forêt est presque complète et difficilement réversible, l'évolution des paysages dans le sud est moins avancée et peut être encore maîtrisable”.
Selon ces hypothèses interprétées au pied de la lettre, la réduction du nombre d'exploitations agricoles s'étant poursuivie depuis trente ans, les paysages des Vosges du sud ne devraient-ils pas être fermés aujourd'hui ? Ce n'est pas le cas, alors même que les terroirs choisis représentaient bien les zones où l'avenir de l'agriculture était le plus problématique. Il faut donc se demander pourquoi.





Photos : ©INRA

Contrairement au pronostic fait en 1975, non seulement cette partie du haut de L'Envers demeure exploitée par un agriculteur résidant, mais les terrains en pente forte situés au-dessus de la route sont même en cours de défrichement.
Un système d'élevage nouveau et inattendu a été mis en place par A.S., à la fin des années 1990. Le paysage est celui d'un bassin herbacé ouvert, complanté d'arbres fruitiers et dont les limites avec la forêt, située en amont, restent nettes. Les surfaces en herbe sont fauchées et pâturées. Un “peigné”, fragile, a été remplacé par un couvert rugueux apparemment durable. La durabilité dépend cependant de l'avenir d'une initiative individuelle et originale.

Tout d'abord, il faut souligner que la demande de paysages ouverts nous est apparue très forte aujourd'hui, encore plus sans doute qu'il y a trente ans.
[...]
Au total, ce qui nous est apparu comme le plus nouveau en 2004, c'est l'utilisation du terme paysage dans le discours des vosgiens, dans une grande diversité d'expressions collectives et individuelles. Le paysage est très présent dans les nombreuses pages de présentation de chaque commune sur son site internet.
[...]
Par exemple, le souci d'identité paysagère est explicite ; on note que la fabrication et la vente sur place du Munster va de pair avec le retour à la race vosgienne, alors que cette exploitation était passée à la race Holstein dans les années 1970 ; on note aussi le soin apporté à l'entretien des terrains communaux qui surplombent le site de l'exploitation.
La recherche d'une qualité de paysage amène également un éleveur à supprimer les balles enrubannées d'ensilage d'herbe qui ne sont pas appréciées des visiteurs.
...
Ce retour sur le terrain a permis de soulever des questions importantes en particulier sur un changement du statut économique et social du paysage et sur l'effet des politiques publiques aux niveaux local, national et européen, sur l'évolution de l'agriculture et des conséquences de cette évolution sur les paysages.”

Jacques Brossier, André Brun,
Jean-Pierre Deffontaines,
Jean-Louis Fiorelli, Pierre-Louis Osty,
Michel Petit, Marc Roux
qui ont participé au retour sur le terrain
et à la rédaction de cette note.
Octobre 2005

Nature

Chercheur d'ambre : après la guêpe, les fourmis !


Photo : Vincent Perrichot

Fourmi trouvée dans l'ambre en janvier 2006 par Éric Depré.

Éric Depré, qui travaille au service gestion du GEVES, est un paléontologue passionné. Après une guêpe en 2003 (voir *Echos* n°77-mars 2005), il vient de découvrir deux des plus anciennes fourmis du monde. Et a ainsi contribué à montrer que notre région possède le gisement mondial le plus riche en fourmis primitives.

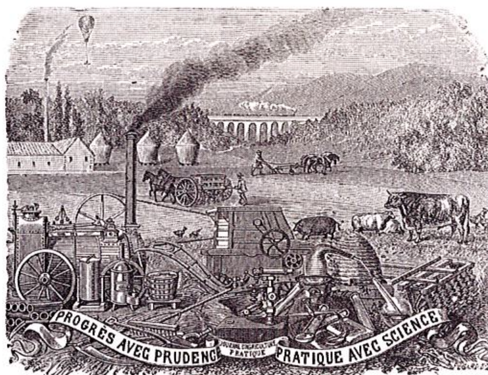
L'origine des fourmis, comme celle de nombreux insectes, est mal connue car elles ne sont fossilisées que dans l'ambre. La connaissance de leur évolution est tributaire du nombre et de la richesse des gisements d'ambre découverts dans le monde : New Jersey, Myanmar (Birmanie), Charentes. Au début des années 2000, les plus anciennes fourmis primitives datées de -100 millions d'années, ont été identifiées dans les ambres de Charente-Maritime par l'équipe de Didier Neraudeau, responsable du laboratoire de paléontologie du CNRS à l'université de Rennes I. Depuis, d'autres ont été découvertes près d'Angoulême et près de La Rochelle, datées de -97 à -99 millions d'années. *"Parmi elles, 2 magnifiques spécimens ont été mis à jour par Éric Depré, qui prospecte en collaboration étroite avec nous"*, indique Didier Neraudeau. *"Ils appartiennent à des espèces jusqu'alors inconnues et contribuent à démontrer que les Charentes constituent le gisement mondial le plus riche en fourmis primitives (au total une dizaine de spécimens). Qui plus est, la grande diversité de ces fourmis met en évidence des castes déjà bien différenciées (ouvrières, soldats...) et donc une vie sociale déjà structurée. Cela suppose donc que leur origine est plus ancienne, datant probablement du Crétacé inférieur (plus de 100 millions d'années)".* Il ne reste plus qu'à trouver des gisements d'ambre de cette époque !

Régine Dupré,
GEVES

D'après *Echos,* lettre du centre INRA Poitou-Charentes, n°82, Septembre 2006 (Armelle Pérennès)
eric.depre@geves.fr

Courrier

À propos d'un paysan-chercheur Elisée Brenot (1873-1937)




Elisée Brenot
et son épouse Léontine Galland.

Journal d'Agriculture Pratique.
Éd. Librairie agricole de la Maison Rustique, Paris, 64e année, tome II, 1900.

En 1956, Raymond Desrat, accueillait dans son exploitation agricole de Larnaud, en Bresse jurassienne, le second auteur de cette note, alors jeune stagiaire fraîchement admis à l'INA de Paris. Les deux hommes sont toujours restés en contact et récemment ils ont émis l'idée que la vie du grand-père de Raymond Desrat, Elisée Brenot, pouvait intéresser les lecteurs de l'INRA.

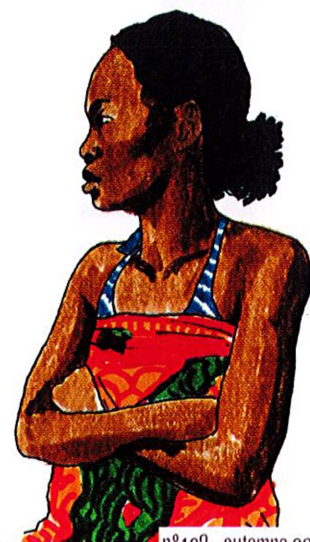
Elisée Brenot, né en 1873, était un paysan de Larnaud qui passait auprès de beaucoup pour un original. C'était à coup sûr un homme de caractère, et aussi plus instruit que la moyenne, qui ne se contentait jamais des pratiques apprises de ses parents. À cette époque, beaucoup d'instituteurs ruraux dispensaient le soir et le jeudi des cours destinés aux élèves les plus doués qui avaient obtenu le certificat d'études primaires et désiraient poursuivre leurs études. Ils pouvaient ainsi passer le "brevet" puis entrer à l'école normale d'instituteurs. Elisée Brenot avait suivi ces cours mais n'avait pas opté pour la carrière d'instituteur car il voulait reprendre l'exploitation de la petite ferme familiale. Auparavant, il avait toutefois décidé de voir du pays et s'était engagé dans l'armée à 18 ans pour participer à la conquête des colonies. Il avait servi au Dahomey, actuel Bénin, puis à Madagascar. Plus tard, il devait parler souvent de la crainte et des pertes que leur causaient les bêtes sauvages, telles que le piétinement du camp par une horde d'éléphants en furie après la blessure d'un animal par une sentinelle. Cinquante-six de ses camarades avaient été écrasés. À Madagascar, il avait participé personnellement à la capture de la reine Ranavalona ; le "fait d'armes" a été attribué à son compagnon plus gradé, mais c'est bien lui qui avait ramené l'éventail (ou chasse-mouches ?) en peau de bête censé appartenir à la reine.

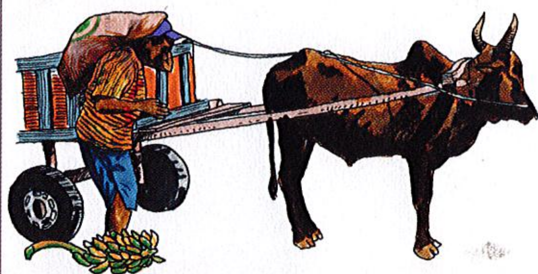
De retour dans la ferme de son père en 1899, Elisée Brenot s'était marié et le jeune couple était allé en voyage de noces à l'exposition universelle de Paris en 1900. Il en avait ramené une machine à coudre, grande nouveauté pour l'époque, afin de simplifier le travail de l'exploitante. Peu après, Elisée Brenot avait connu la dernière épizootie de charbon ; il avait dû, comme ses voisins, creuser de grandes fosses où l'on mettait les cadavres de bovins recouverts de chaux vive, mais il ne s'était pas découragé. Il lisait beaucoup et avait adhéré tout de suite à la Société des Agriculteurs de France. À ce titre, il était abonné au *Journal d'Agriculture pratique*. Dès qu'il le recevait, il le lisait entièrement avant de reprendre son travail, souvent à haute voix pour en faire bénéficier sa famille. Il s'efforçait de tirer parti de tout ce qu'il apprenait ainsi, sans renoncer à innover et à expérimenter dans de nombreux domaines de l'agriculture et de l'élevage, bien au contraire.

Elisée Brenot travaillait la terre avec un ou deux boeufs selon la puissance demandée. Avec l'aide d'un charron-forgeron local, il avait d'abord perfectionné le joug de modèle local, remplaçant l'extrémité en échancrure par une boule pour que l'animal ne soit plus meurtri ou même blessé quand il tirait. Dans toute la Bresse, on labourait alors en billons avec une charrue à un soc en faisant deux allers-retours par billon. Il avait fait fabriquer une charrue à deux socs de sa conception permettant de labourer un billon en un seul tour. La mise au point s'était révélée beaucoup plus difficile que prévu et il avait abandonné son idée, jugeant plus sage d'acheter une charrue brabant et de se lancer, premier dans la région, dans le labour à plat qui ne devait être adopté par tous les agriculteurs que dans les années 60. Il avait également acheté, en co-propriété avec un voisin, un "pulvérisateur" à huit disques, autre nouveauté qui a duré jusqu'à ce que son petit-fils lui fasse rendre l'âme en une journée après l'avoir attelé à son tracteur.

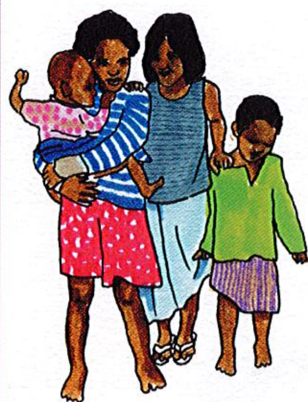

Madagascar.
Dessins de Stéphane Rozencwajg.

Il était aussi un excellent éleveur. Il avait très tôt compris que ce que l'on appelle aujourd'hui le potentiel génétique des vaches de la région (des "bressanes") n'était pas fameux. Chaque année, il partait par le petit train départemental pour le village des Rousses (aujourd'hui station de ski) près de la frontière suisse où habitait l'un de ses camarades de la guerre de 14 en emportant deux grands sacs de jute doublés par son épouse. Il revenait avec, dans chaque sac, un veau de race pie-rouge, ou "simenthal" comme on disait à l'époque. Il avait ainsi amélioré progressivement et spectaculairement la qualité de son cheptel.





Il en soignait aussi l'alimentation en utilisant le tourteau de colza local comme source de protéines et la craie broyée comme source de calcium qu'il distribuait généreusement au bétail car il doutait que celui-ci l'assimile. Il notait chaque jour sur son agenda la quantité de lait livrée à la fruitière (fromagerie-coopérative de la commune). Ces documents ont été conservés et ils ont permis de calculer que la production laitière individuelle de ses vaches était, dans les années 25-30, de plus de 4000 kg par an, soit le double de celle de ses voisins.



C'est dans le domaine de la culture qu'Elisée Brenot a le plus innové. En 1919, il avait remarqué chez un épicier des **pommes de terre** dont la forme régulière et la belle chair blanche étaient sans équivalent parmi les variétés cultivées dans les environs. Il n'avait pu en acheter car il s'agissait de vivres livrés par l'Allemagne à titre de dommages de guerre et réservés à une certaine catégorie de la population. Il avait néanmoins réussi à en échanger et avait vérifié dès le premier essai de culture les qualités de la variété qui devait être connue plus tard sous le nom français de *Simili Fin de Siècle*. Vingt ans après, elle était encore cultivée depuis les plateaux du Jura jusqu'à la plaine de Bresse. Après avoir tiré parti de manière judicieuse des dommages de guerre, Elisée Brenot s'était lancé dans la création de variétés. Son potager, considérablement agrandi était devenu pour les 2/3 un champ d'expériences. Il a essayé de créer de nouveaux blés en utilisant des plumes de paon pour la pollinisation. Avait-il une connaissance suffisante des lois de Mendel et des techniques qu'il faut employer pour créer de nouvelles lignées ? On peut raisonnablement en douter et il ne semble pas être parvenu à l'obtention d'une lignée pure. Avec le **chrysanthème**, il avait, certes, créé une variété aux fleurs de dimensions impressionnantes, jamais vues dans la région. Mais nul ne sait ce que sont devenus ces chrysanthèmes et d'aucuns se sont demandé si l'origine de la taille exceptionnelle des fleurs ne pouvait pas être la technique de taille, tout autant que des facteurs génétiques. Sur la pomme de terre, il avait commencé des croisements en ayant recours à une curieuse technique : il sectionnait des tubercules de taille aussi voisine que possible puis il accolait deux demi-tubercules de cultivars différents, les liait et les plantait ainsi. Il ne semble pas qu'il ait cherché à obtenir des chimères ou hybrides de greffe comme l'avait fait involontairement le célèbre Mitchourine. Il pensait qu'en pratiquant la pollinisation artificielle, il avait plus de chances d'obtenir une hybridation si les deux parents étaient déjà réunis au sein d'un "plant" issu de deux demi-tubercules appartenant à chacun des clones qu'il voulait croiser. Le résultat de tout ce travail est aujourd'hui perdu.



Elisée Brenot pratiquait déjà le **désherbage** sélectif des céréales, et ce, sans avoir recours aux désherbants chimiques tels que nous les connaissons. En fait, il utilisait probablement une technique aujourd'hui oubliée lue dans son *Journal d'Agriculture pratique* : au petit matin, avant l'évaporation de la rosée, il épandait de la cyanamide calcique, un engrais azoté, qui adhérait aux plantes mouillées, brûlant la vesce sauvage, principale adventice, sans causer de dommage sensible aux céréales.

Mais c'est certainement dans le domaine des **engrais** proprement dit qu'il est arrivé aux résultats les plus tangibles et les plus surprenants. Suivant les conseils de son journal préféré, il avait été le premier à employer les scories de déphosphoration Thomas, le chlorure de potassium et le nitrate de soude. Et, pour déterminer les doses convenant à ses terres et à ses cultures, il a fait de nombreux essais comparatifs. Ainsi il avait vérifié que le nitrate de soude répandu au printemps sur le blé augmentait nettement les rendements, mais que, à dose excédentaire, il pouvait entraîner la verse. Il avait donc essayé des apports fractionnés et, dès 1910, il répandait donc 100 kg de nitrate de soude par hectare en trois apports. En 1951, un chercheur de l'INRA, Yves Coïc, devait publier un article préconisant une fumure azotée du blé tout à fait comparable. La méthode Coïc a connu, on le sait, un grand succès et une grande notoriété. Elle repose, n'en doutons pas, sur une expérimentation bien plus complète et plus rigoureuse. Elle a bénéficié aussi d'une publication dans une revue scientifique qui a assuré sa diffusion auprès d'un grand nombre d'intéressés. Peu après sa vulgarisation, le directeur des Services Agricoles (le DDA de l'époque) du Jura, M. Rufin, a néanmoins estimé que les différences existant entre les deux méthodes étaient suffisamment minimes pour que l'on puisse considérer qu'il ne s'agit que de deux variantes d'une même méthode. Il fit des démarches, sans doute auprès de l'INRA, pour que la méthode fût appelée "méthode Brenot-Coïc". En réponse, il reçut une demande de documents prouvant l'authenticité des expérimentations d'Elisée Brenot. Hélas, ce paysan-chercheur était décédé depuis une quinzaine d'années et sa veuve avait fini par brûler tous ses carnets : ils remplissaient une armoire entière !

Aujourd'hui les descendants d'Elisée Brenot demeurent encore surpris à l'énumération de l'œuvre de leur ancêtre, ou tout au moins de ce qui leur en est parvenu (les carnets contenaient sans l'ombre d'un doute bien d'autres choses passionnantes) tandis que les étrangers restent parfois sceptiques. On peut aussi se permettre de rêver en imaginant ce qu'aurait pu apporter à la communauté cet agriculteur hors normes, ce "laboureur de science", s'il s'était trouvé à la tête d'une équipe de recherche comme il en existe aujourd'hui.

Raymond Desrat et *Jean Guillaume* ■

Les métiers de l'INRA

La revue *Archorales* publie dans son numéro 12 de mars 2007 plusieurs témoignages : Léon Guéguen, Pierre Boistard, Jeannine Hommel, Gérard Grosclaude, Jean-Paul Gachet, Marie-Odile Bagnères, Jean Froc et Bernard Mauchamp. Avec l'accord de ces deux derniers auteurs, nous reprenons des extraits de leurs textes qui offrent chacun des facettes différentes du métier de chercheur.

Jean Froc est passé des études sur la pollution dans différents milieux, eaux, végétaux, sols, aux aliments traditionnels. Il a réalisé un inventaire des aliments du terroir, récemment celui des fromages*. Bernard Mauchamp a travaillé sur les insecticides affectant la physiologie du développement notamment les régulateurs de croissance des insectes et sur la sensibilité du ver à soie à l'un de ceux-ci. Avec son équipe, il a également réalisé la trangenèse du ver à soie afin de lui faire produire d'autres protéines que la soie, par exemple des protéines d'intérêt thérapeutique et également afin d'obtenir des vers résistant à des polluants (insecticides) ou des pathogènes.

Deux chercheurs, deux itinéraires, des thématiques très variées, une conception de la recherche ouverte et créative et s'enrichissant du dialogue avec les autres scientifiques, les partenaires et la société : souci de l'environnement, connaissances intégrées, prises de risques, continuité entre le fondamental et l'appliqué, dialogue avec les industriels concernés, actualité de l'histoire d'un sujet de recherche, ici des travaux de Pasteur... questions qui demeurent d'actualité.

Nature morte aux artichauts et aux fromages. De gauche à droite : brocciu, claqueret lyonnais, fontainebleau, cœur de Neufchâtel. Huile sur toile de F. Plekan. Collection privée de Jean Froc.



Photo : ©A. Zékri

Jean Froc

TES PREMIERS PAS À L'INRA ? [...] Le directeur de la phytopharmacie, Guy Viel, m'a dit : "Vous irez dans les Pyrénées, à côté de Lacq, à Lagor, vous aurez une roulotte et une Jeep, la roulotte comme labo, la Jeep ou la 2 CV camionnette comme moyen de circuler. On vous attend le 15 août, le jour de Marie". Je m'en souviens, je suis rentré à l'INRA le jour de Marie, en

*Voir "Faire connaître" page 77 "Balade au pays des fromages" Éditions Quae qui vient de paraître.

Archorales textes intégraux : www.inra.fr/archorales/archext.htm

1961, pour me faire parachuter à la gare d'Orthez où mon prédécesseur qui est en retraite aujourd'hui, Jacques Cantuel, m'attendait avec la camionnette. Il m'a emmené au labo, qui était une roulotte. Nous étions les "gitans" de l'INRA. Comme on ne savait pas où nous placer dans le village, on nous a collés entre la mairie et l'église. On était bien. On avait dans le dos les fumées de Lacq et d'un côté, le symbole de la République et de l'autre, le curé et l'église. C'était drôle. J'étais jeune, j'avais 20 ans. La vie était belle. Voilà comment j'ai commencé à l'INRA. [...]

"... et je continuais à étudier les fougères".


Flore médicale, F.P. Chaumeton, Chamberet et Poiret, peinte par Mme E. Panckoucke et par P.J.F. Turpin, 1816, tome 3, p.167.

QUELLE ÉTAIT LA MISSION QUI T'ÉTAIT CONFIÉE ?

La mission qui nous était confiée -mon collègue était déjà là depuis 8 ou 12 mois- était de mettre en place des systèmes d'évaluation du niveau de pollution, d'identifier les polluants, y compris en association, et d'observer tous leurs effets sur un même organisme. En dehors de l'aspect mesure par dosage chimique, nous devions aussi estimer d'après l'observation des taches sur les feuilles, de leurs formes et de leurs couleurs, les niveaux de contamination en comparant les résultats obtenus à ceux des mêmes espèces sensibles de la flore spontanée mises en culture. Pour étalonner les niveaux, on envoyait du SO_2 ou du fluor dans une chambre à gaz dans laquelle on plaçait des végétaux et on faisait varier les doses. Ainsi, le mouron blanc réagissait par une tache blanche, à telle dose alors que le glaïeul avait d'autres tâches à la même dose... En même temps, on faisait des observations sur le terrain en captant les gaz circulants. On faisait un tour hebdomadaire des Pyrénées-Atlantiques. On démarrait aux limites du Gers, jusqu'à la frontière espagnole et jusqu'à la côte. C'était beau car c'est une jolie région, le Pays basque et le Béarn réunis. Ce travail de contrôle de l'atmosphère nous a valu à la fois d'être réquisitionnés par le préfet ou de recevoir des "coups de gueule" des paysans locaux qui en avaient marre de la pollution ; ils nous considéraient comme les "suppôts" de ces industriels coupables... Quand on voit, quarante ans plus tard, puisque la SNPA est devenue ELF, les valeurs humaines de nombre de responsables de cette maison, cela n'a pas tellement changé. Nous étions en première ligne. Alors, de temps en temps, on se faisait remuer la roulotte. Les vignerons locaux, quand ils ne pouvaient plus récolter pour faire le madiran ou le jurançon, eh bien, bonjour, c'étaient nous, les gens de l'INRA, les techniciens, les blouses blanches qui recevions les "remarques". Ce fut une très bonne période pour moi, je veux dire intéressante.

DANS QUEL CONTEXTE CETTE ÉTUDE AVAIT ÉTÉ MISE EN PLACE ? Y AVAIT-IL UN COMMANDITAIRE ?

Le commanditaire était l'État via l'INRA. La DG a saisi le directeur de la Phytopharmacie, donc Guy Viel. Il y avait, en continu dans la presse parisienne - celle qui compte -, des photos sur lesquelles on voyait les mômes de Maslacq aller à l'école avec les masques à gaz. On oublie ça. C'est en 1960, 61, 62, 63. Les élus locaux, disons les responsables, et les élites locales, les profs et instits, les syndicats..., faisaient des manifs contre les pollueurs pour régler le problème, plus les paysans évidemment, producteurs de maïs et vignerons. [...]

J'ai fait la carte de France de la pollution des sols, et j'ai " inventé " le concept de prélèvement statistique. Pour cela, je m'arrêtais tous les trente kilomètres pour prélever ce qu'il y avait derrière la clôture. De temps en temps, c'était la glycine dans le jardin ouvrier ; ailleurs, c'était un champ de betteraves ou un champ de maïs, enfin il m'est arrivé aussi de rencontrer un taureau qui m'a fait passer par-dessus les barbelés. [...]

À CETTE ÉPOQUE, TRAVAILLAIS-TU AVEC DES CHERCHEURS D'AUTRES DISCIPLINES ?

C'est la bonne question parce que c'est justement ce qui va faire la rupture entre l'avant et l'après. L'avant, ce dont nous parlons, c'est le végétal. L'après, c'est l'animal, et c'est en même temps la rencontre des disciplines. Quand je suis sorti de Montreuil, je suis allé à Versailles où je n'ai pas fait le cycle de l'école. Je me suis spécialisé dans l'arboriculture fruitière, reproduction, techniques, avec un peu de maraîchage parce que j'avais toujours mon côté "botaniste" et je continuais à étudier les fougères. J'avais fait le tour des cactées que j'estimais bien connaître et cela suffisait. Je savais qu'il n'y avait pas d'avenir dans ce domaine. Ensuite, quand je suis entré à l'INRA, j'ai cherché à compléter ma formation à Paris, au Conservatoire des Arts et les Métiers. J'ai fait : agriculture générale, biochimie, génétique, chimie minérale, chimie organique, radioactivité appliquée. Je me suis même "payé" la géographie économique parce que cela m'amusait. Je me rappelle des


Photo : ©http://photo.agriculture.gouv.fr
Photothèque du ministère de l'Agriculture.



Photo : ©A. Zékri

Brie de Melun aux cerises.
Huile sur toile de F. Plekan.
Collection privée de Jean Froc.

profs, Trémolières, Lavoley, Dufresnois, cela m'a permis d'acquérir des connaissances dans d'autres domaines.

Ensuite, via la phytopharmacie et Saclay, j'ai peaufiné l'utilisation des radioéléments. Puis, à titre personnel, j'ai toujours continué à faire tout ce dont j'avais envie, de l'électronique, de la radio... Cela m'a aidé dans beaucoup de situations parce que je suis passé dans un cursus particulier en même temps que se développait une discipline, la phytopharmacie. C'est dans ce "courant" que j'ai rencontré le futur patron de ma thèse, François Ramade, le premier prof d'écologie à Orsay. Ce courant m'a enrichi évidemment et m'a poussé à travers une multitude de terrains puisqu'il n'y avait personne en écologie : végétal, agronomie, sciences du sol, physique-chimie, génétique...
Jusque-là, on ne s'occupait pas de savoir à quoi servait la plante cultivée, que ce soit la luzerne ou les abricots. Il s'agissait d'observer le niveau de pollution. Même si de façon incidente, avec l'exemple du Périgord, je suis allé jusqu'aux tissus adipeux d'une femme enceinte. Cela va servir après, déclencher la suite. Mais ce fut en fin de parcours.

De 1972 à 1977, je passe du végétal, c'est-à-dire l'observation de ces pollutions dans différents milieux, du sol et de l'eau à la plante aux effets sur le monde animal et à ses utilisateurs directs : quand on les consomme, nous aussi, que deviennent ces molécules ? Il y avait des publications mais pas de réponses à l'INRA. J'ai voulu en proposer une.
Me voilà passé vers les animaux grâce à Guy Viel, pour faire une thèse intéressante sur cette thématique-là. Je la conçois à partir d'un vecteur commun, les lipides comme indicateur de la présence de molécules polluantes. Les animaux mangent des lipides dans les graines ou dans les herbages. Les lipides circulent ensuite dans l'organisme et sont stockés dans les tissus adipeux. Quand il y a des besoins particuliers, comme la lactation, ils sont prélevés par l'organisme et avec eux, une proportion de ces polluants contenus dans les matières grasses, ingérées ensuite par les consommateurs de produits laitiers. Mon étude a été faite à partir d'une dizaine de molécules qui, elles, sont très solides sur le plan chimique, donc ont une rémanence très grande. En même temps, elles pouvaient être facilement détectées. J'avais mis au point une méthode très rapide et facile. Elle permettait de détecter un milliardième de gramme de lindane ou de HCH. J'ai utilisé ces produits comme marqueurs du métabolisme, et ensuite je les ai donnés aux animaux en question dans des aliments adaptés. [...]

[1] B. Mauchamp *et al. Insect Biotechnology and Molecular Biology*. 36 (2006) 623-633 accessible on line à www.sciencedirect.com

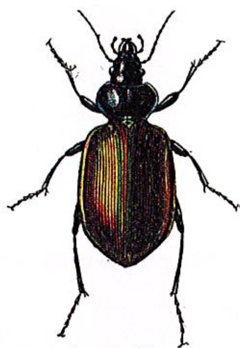
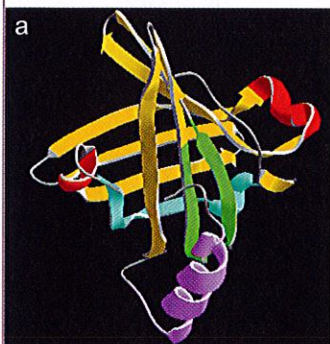
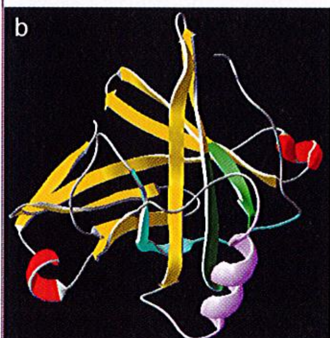


Photo : Bernard Mauchamp

Calosoma sycophanta L. adulte : tête et pronotum d'un beau bleu foncé, avec les élytres d'un vert doré très brillant souvent avec un superbe reflet rouge. Il chasse dans les forêts les chenilles de processionnaires du pin et de *Bombyx disparate,* d'où son intérêt comme agent naturel de lutte contre ces ravageurs.

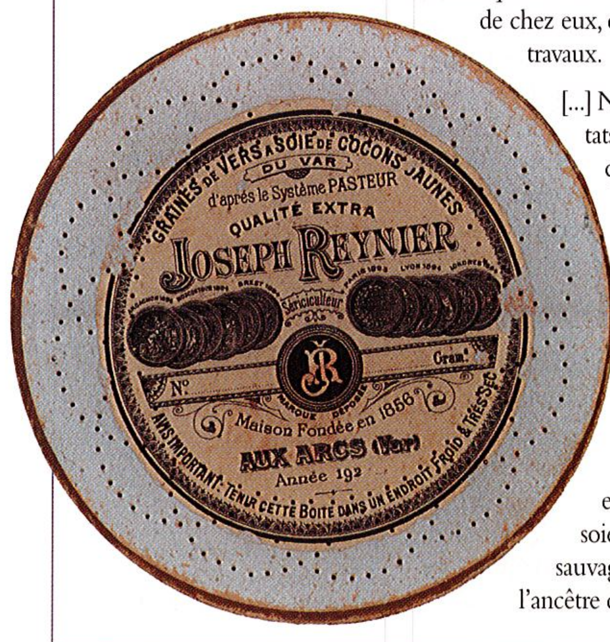




Représentation 3D de deux des quinze motifs Lipocaline d'une protéine antivirale du tube digestif du ver à soie.

Bernard Mauchamp

Tout jeune, j'ai commencé à regarder les insectes. Le premier que j'ai cherché à conserver est un très bel insecte, commun dans les forêts françaises et le sud-est, le calosome sycophante, dont les reflets mordorés ne peuvent pas rendre indifférent. Ensuite, j'ai continué à être très attiré par tout ce qui était en relation avec la nature, grâce à un instituteur qui m'a communiqué cette ouverture sur l'environnement. [...] Dans ces écoles (Agro et Grignon que j'ai suivies), comme par la suite à l'INRA, les insectes sont considérés essentiellement en tant que ravageurs des cultures. [...]
Mais très rapidement, j'ai eu des enseignants qui ont su me montrer que les insectes dépendaient aussi des plantes, que les plantes dépendaient des sols et cela m'a permis d'intégrer à la fois la biologie végétale, la biologie animale et la géologie. Tout ce qui est nature était un ensemble. Je n'ai toujours pas oublié ce genre de chose si bien que, même m'étant spécialisé dans un domaine très pointu, j'ai gardé en arrière-plan toutes ces connaissances. [...]
[...] Notre découverte [1] d'une protéine ayant des propriétés antivirales produite par le tube digestif du ver à soie est l'illustration de la continuité entre recherche fondamentale et appliquée. J'ai initié ce travail parce que des Japonais l'avaient engagé il y a plus d'une vingtaine d'années mais dans un esprit purement appliqué. Il est apparu qu'ainsi orientée, leur recherche ne pouvait pas aboutir et ils avaient donc laissé les choses en état. La première fois que je suis allé au Japon, j'ai rencontré les chercheurs qui travaillaient sur cette protéine et j'ai beaucoup discuté avec eux. À l'époque, je n'étais même pas intéressé par le travail sur le ver à soie et vous voyez à quel point c'était inscrit dans des gènes. Lorsqu'on a eu cet outil de transgenèse, je me suis dit : ils ont montré que telle protéine avait un rôle dans la résistance au virus, pourquoi ne pas essayer d'utiliser cette protéine et comment faire ? J'ai repris contact avec les Japonais en question, qui étaient en retraite déjà depuis plus d'une dizaine d'années et qui ont été enthousiastes de voir que, bien loin de chez eux, quelqu'un pensait encore à leurs travaux.



[...] Nous avons alors obtenu des résultats : la description d'une protéine qui appartient à une famille déjà connue mais dont la particularité chez le ver à soie est de présenter quinze fois une structure qui n'existe qu'une seule fois dans les autres organismes vivants. Nous sommes en train d'essayer de démontrer que cette amplification est le résultat de l'évolution de la sélection et de la domestication du ver à soie. Au Japon, il existe un ver à soie sauvage, *Bombyx mandarina,* qui serait l'ancêtre de *Bombyx mori.* Ils en maintiennent l'élevage, chose qui n'est pas facile. Je les ai contactés pour avoir des œufs de ce *Bombyx mandarina* et nous allons essayer de comparer ce qui serait l'équivalent de notre protéine mais sous une forme ancestrale avec celle du ver à soie "moderne". Si effectivement notre hypothèse est confirmée, tout un travail de phylogénie pourra être fait pour retracer toute l'évolution de la sélection du ver à soie, y compris sur des lignées, qui ont disparu mais pour lesquelles nous disposons toujours de cocons. Dans les cocons de ces lignées, reste la chrysalide desséchée, donc on a toujours l'ADN. On peut retrouver les séquences et faire un tracé de son évolution quasiment à travers ces 5 000 ans de sélection du ver à soie. Je cherche à faire en sorte que, par la transgenèse, on arrive à ce que tout le tube digestif produise cette protéine, qui vraisemblablement, constitue une barrière pour le virus qui, bloqué dans son transfert à travers les cellules du tube digestif, va être entraîné par le bol alimentaire et éliminé de l'insecte. C'est encore une nouvelle façon de rendre le ver à soie résistant à ce type de maladie, qui arrive à détruire plus de 50% des élevages, en particulier dans les zones tropicales et subtropicales.

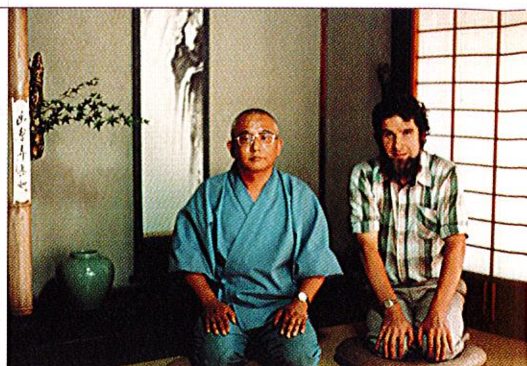


Photo : ©INRA

Toute rencontre est un échange de richesses, qu'elles aient lieu avec des scientifiques ou ici avec un Kannushi, le grand prêtre d'un temple Shinto, ami du professeur O. Yamashita de l'université agronomique de Nagoya. Tous deux avaient fait leurs études ensemble.

Si j'arrive au terme de ce programme, cette fin de carrière me donnera une satisfaction d'autant plus grande que les premières études sur les maladies du ver à soie, qui ont réussi à bloquer le développement de la pébrine au milieu du XIXe siècle dans les élevages de vers à soie d'Auvergne, d'Ardèche ou du Gard, ont été faites par Pasteur, son premier travail en biologie. [...] Cela a été le tournant entre la microbiologie et la génération spontanée. Pasteur a montré à cette occasion que la mort était due à des micro-organismes et non pas, comme on le croyait, que ceux-ci apparaissaient après la mort. Cette démonstration, c'est cela la force d'un génie. Il a montré que s'il trouvait des corpuscules dans le broyat d'une femelle qui avait pondu, il y avait toutes les chances que les chenilles issues de ses œufs soient atteintes de la même maladie. [...] De cette façon, Pasteur est arrivé à enrayer la pébrine des élevages de vers à soie, à tel point qu'actuellement la pébrine est quelque chose de très rare parce qu'on arrive très rapidement à la détecter, toujours par la technique de Pasteur. [...] ■

Matériel de recherche, SIA 2006.

Clin d'œil à Christophe Maître, auteur de ces deux photos.

Restauration rapide, Tokyo.

INRA Partenaire

Régions

Politique nationale de recherche et structures régionales

Depuis trois ans, l'INRA, comme l'ensemble des acteurs du système français de recherche et d'innovation, est confronté à l'émergence de dynamiques d'organisation de Recherche & Développement voulues et portées par les décideurs politiques, nationaux comme régionaux.

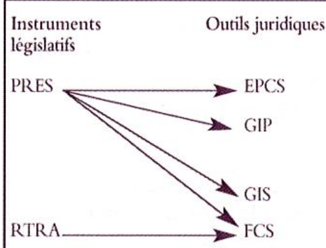
Ces dynamiques - qui portent autant sur l'enseignement supérieur que sur la recherche - doivent permettre à ces acteurs de s'adapter aux réalités d'aujourd'hui et de relever les défis de la science, de l'économie et de la société de demain au niveau national, européen et international.
L'ambition affichée est de s'engager sur la voie d'une rénovation du système français de recherche et d'innovation en favorisant des rapprochements et des partenariats entre ces acteurs, souvent nombreux, sur la base du volontariat, afin de constituer les masses critiques indispensables à la visibilité et à l'attractivité de nos institutions.

Les dynamiques émergentes

La Loi de programme pour la recherche d'avril 2006 a pour objectif de favoriser l'émergence d'entités regroupant des acteurs publics ou privés, de l'enseignement supérieur et de la recherche.

Les deux formules proposées, le Pôle de Recherche et d'Enseignement Supérieur (PRES) et le Réseau Thématique de Recherche Avancée (RTRA) sont régies par des formes juridiques nouvelles, dotées de la personnalité morale (Fondation de Coopération Scientifique, FCS et Établissement Public de Coopération Scientifique, EPCS) ou préexistantes, dotées ou non de la personnalité morale (Groupement d'Intérêt Public, GIP, Groupement d'Intérêt Scientifique, GIS) selon le degré d'intégration recherché par les membres fondateurs pour atteindre l'objectif commun.

Les combinaisons envisageables sont les suivantes :
• les PRES ont vocation à mutualiser les activités et les moyens d'établissements et d'organismes de recherche et d'enseignement supérieur, publics ou privés, relativement proches géographiquement, visant, dans une logique de site, à renforcer l'efficacité et la visibilité en matière de formations doctorales, de recherche, de valorisation et de coopération internationale. Ils se constituent autour ou à partir d'universités ou d'acteurs EPCSCP



Colonie de *Conochilus unicornis* (diamètre 0-5 mm). Thonon (Dijon).

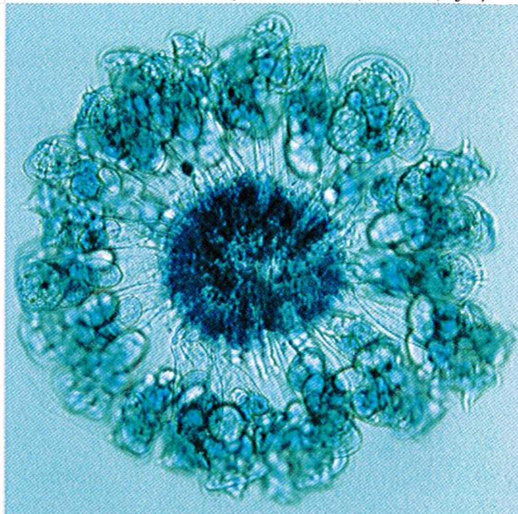


Photo : Jean-Claude Druart

• les RTRA ont vocation à attirer les chercheurs de haut niveau et à conduire des projets d'excellence scientifique reconnus parmi les tout premiers au plan international. Ils s'appuient sur une Fondation de Coopération scientifique.
Les nouveaux instruments de politique publique que sont les PRES et les RTRA se situent dans un contexte déjà largement évolutif et structurant.

En mai 2004, le ministère de l'Agriculture et de la Pêche avait lui-même impulsé de manière pragmatique une dynamique de réorganisation de ses 20 grandes écoles publiques autour de 7 **pôles de compétences** dans lesquels l'INRA a joué un rôle moteur en matière d'excellence et de visibilité thématique et continue de le faire.

Par ailleurs, il faut noter **qu'en juillet 2005 le gouvernement** a sélectionné plus de 60 **pôles de compétitivité** dans lesquels les organismes de recherche jouent parfois un rôle dynamisant en relayant au sein de la communauté scientifique les questions posées localement par les industriels selon un mode "portail".

Les initiatives de l'INRA

Face à ces évolutions et à ces opportunités, l'attitude de l'INRA a été guidée par deux principes :
• garder une dimension nationale à sa stratégie institutionnelle et scientifique de moyen et long terme, en considérant que l'Institut doit conforter son ancrage européen et renforcer sa place au sein de la communauté scientifique internationale
• accentuer, là où les conditions étaient favorables pour le développement des missions confiées à l'Institut, l'implication dans les dynamiques de sites.

Selon ces principes, depuis un an et demi, plusieurs initiatives ont été prises par l'INRA :

• le montage avec le CIRAD et Montpellier SupAgro d'un projet de RTRA sur l'agronomie et le développement durable - impliquant de nombreuses unités INRA de Montpellier et d'Avignon pouvant aborder l'ensemble des questions de recherche portant sur le végétal (avec le CIRAD et Montpellier SupAgro) - qui a été sélectionné
• l'engagement dans 3 autres RTRA sur l'agronomie et le développement durable, qui ont également été retenus : l'École d'Économie de Paris, la fondation Jean-Jacques Laffont/Toulouse Sciences Économiques, Innovations thérapeutiques en infectiologie de Lyon
• l'implication dans des formes de préfiguration (sans personnalité morale) tel le PRES (Nantes) et l'intérêt à une contractualisation ultérieure avec ceux qui se constitueront sous forme d'établissement public
• la création sur les pôles de compétence de lieux privilégiés de concertation et de coopération autour de l'enseignement et de la recherche agronomique ou vétérinaire (GIS)
• l'engagement dans le montage et la gouvernance d'une quinzaine de pôles de compétitivité à orientation agro-alimentaire.

Premiers enseignements

Rétrospectivement, il apparaît que :
• ces initiatives partenariales ont pu être prises en cohérence avec le dispositif scientifique propre de l'INRA grâce à l'analyse engagée en interne dès 2002 sur les schémas de centre puis les opérations structurantes, adoptés en déclinant localement le projet institutionnel de l'INRA
• ces évolutions ne règlent qu'une partie des problèmes diagnostiqués ; ainsi on peut s'interroger sur le rôle des nouveaux instruments d'une part, pour simplifier le système de recherche français, d'autre part, pour contribuer à la construction de l'Espace Européen de la Recherche. De même, les outils juridiques proposés permettent-ils de concilier les objectifs relevant principalement de l'enseignement supérieur (dimension démographique - accueil et logistique de site) et ceux de la recherche (qualité des productions scientifiques et participation à une communauté scientifique internationale) ? En tout cas, l'attitude de l'Institut qui a su s'associer localement à des dynamiques qui visent à modifier le paysage universitaire est globalement bien perçue par nos partenaires. Ainsi, nous devrions pouvoir notamment nous associer aux écoles doctorales qui se dégageront de ces évolutions, là où des effectifs significatifs de doctorants sont accueillis dans les unités de l'INRA.
Il est prématuré de dire si nous sommes parvenus à constituer avec nos partenaires les masses critiques indispensables à la visibilité et à l'attractivité de nos institutions. Cela s'appréciera sur la durée à travers notamment l'arrivée de scientifiques et d'étudiants étrangers qui auront été motivés par les thématiques affichées sur la base de critères de reconnaissance indiscutables.

Philippe Vissac,
Directeur de l'Action régionale,
de l'Enseignement supérieur et de l'Europe

L'expérience du centre de Dijon

L'idée de départ de cet article est d'explorer le travail fait par le centre de Dijon pour développer les relations de pôles afin de mieux comprendre comment ces structures se mettent en place dans le cadre des mesures gouvernementales : pôles de compétences, de compétitivité, de Recherche et d'Enseignement Supérieur (PRES)... Comment peut-on articuler cela avec la politique nationale de l'INRA [1]. Nous avons exploré la réalité de ces structures avec Jacques Brossier, président du centre de Dijon.



Photo : ©Grand Dijon

vue aérienne.

POUVEZ-FAIRE LE POINT SUR LA MISE EN PLACE DE CES NOUVELLES STRUCTURES ?

Dijon est un exemple particulièrement intéressant de cette articulation de structures. Une situation provoquée par une série d'opportunités.
Le centre de Dijon s'est engagé très fortement depuis 10 ans dans une relation contractuelle, en particulier par les UMR, avec les deux grandes autres institutions du campus universitaire : l'Établissement national d'enseignement supérieur agronomique de Dijon (ENESAD), ce qui n'est pas surprenant, et aussi, ce qui est nouveau, l'université de Bourgogne. Les différents responsables de ces institutions se rendent compte depuis quelques années de la fragilité de l'ensemble dijonnais : l'ENESAD n'est pas la plus grande École d'Agriculture de France. L'université de Bourgogne, la seule en Bourgogne, est certes importante mais très polyvalente et sans dominante scientifique ou spécificité marquée ; elle pourrait avoir du mal à exister dans le paysage universitaire français avec le risque de ne devenir qu'une université de licence et de première année de maîtrise. Le centre INRA, quoiqu'important, n'est pas le plus gros des centres INRA, il a même vécu il y a plus de 15 ans, des situations de grande fragilité avec le déménagement de quelques équipes. Cette prise de conscience a été favorisée par un constat fort, lié à une régionalisation renforcée : toutes ces institutions sont installées sur le même lieu géographique, le Grand Campus : l'ENESAD au sud, l'université *sensu stricto* occupant la grande partie centra-

[1] À la question "L'INRA est fondé sur une politique de recherche nationale, toutes les structures mises en place actuellement, notamment les pôles régionaux peuvent-elles faire craindre un éclatement ?" Marion Guillou répondait * :
"Pour un Institut national, et qui souhaite le rester, je suis convaincue qu'il faut garder ce caractère national de l'INRA - le problème est donc de rendre compatible et stimulante cette double logique : si nous le faisons de manière pro-active, nous avons une chance d'atteindre cet objectif. En revanche, si nous nous faisons imposer une organisation, le risque de dispersion est alors grand. Mais si nous pensons l'organisation des pôles régionaux à partir de lignes de forces de nos centres, nous pourrons maîtriser au contraire ce que nous ferons à tel endroit et avec quel type de partenariat. Une condition implicite pour faire de cette circonstance une dynamique positive pour l'Institut est de renforcer les compétences qui nous intéressent, à travers les réseaux de collaboration. L'enjeu est de bien construire ces "pôles" de manière active, autour d'un thème qui soit bien un élément de la politique nationale de l'Institut".
À cet égard, ce qui s'est construit à Dijon peut alimenter notre réflexion.

**INRA mensuel*, L'INRA aujourd'hui, demain. Entretien avec Marion Guillou n°122, février-mars 2005.


Photo : Jean Weber


Photo : Christophe Maître






Photos : ©INRA

Tests d'analyse sensorielle, Dijon.

[2] La région de Bourgogne concentre 2,7% des emplois de la population française mais n'accueille que 1% des emplois de la recherche publique. Le CNRS n'y a que 0,6% de ses emplois nationaux ; l'INRA 4% ; ce qui explique que nous soyons assez fortement soutenus.

le, puis l'INRA, le Centre européen des Sciences du goût et l'hôpital CHU, au nord ; nous avons tout pour faire un "campus à l'américaine". L'INRA, aujourd'hui installé sur deux sites distants de 15km, a fait le choix il y a bientôt dix ans de regrouper toutes ses forces scientifiques sur le campus. La construction du premier bâtiment consacré à la microbiologie du sol et de l'environnement (CMSE) a commencé fin 2005, il sera occupé fin 2007, la fin de la restructuration se terminant en 2008. Par ailleurs l'agglomération dijonnaise (le Grand Dijon) a décidé de remodeler ce campus géographique, en l'organisant, l'animant et l'ouvrant sur la ville de Dijon : dans 10 ans ce territoire à l'est de Dijon aura complètement changé et le centre INRA y aura une place centrale et majeure. C'est une grande opportunité.

Dans le même temps, le Grand Dijon se porte acquéreur des bâtiments et d'une vingtaine d'hectares autour du site de Bretenière (sur la ferme d'Époisses) pour y installer un agropole qui nous intéresse, l'INRA restant propriétaire et exploitant du domaine expérimental (130 ha de terres agricoles).

Il faut ensuite souligner le soutien fort du Conseil régional de Bourgogne, l'une des principales régions à soutenir autant la recherche. C'est un soutien marqué depuis très longtemps, pour le financement de programmes scientifiques et pour celui de gros équipements communs ; ce qui favorise les rapprochements (les plateformes). C'est d'autant plus remarquable que les Conseils régionaux n'ont pas officiellement le mandat de s'occuper de l'enseignement supérieur et de la recherche, mais la région Bourgogne a bien compris que l'excellence de la recherche était un atout majeur dans la compétition nationale et internationale [2].

Cette dynamique "Grand Campus" s'est accélérée depuis trois ans avec les schémas de centres INRA, les pôles de compétence lancés par la DGER, les pôles de compétitivité créés par le Premier ministre ainsi que la dynamique développée par la Loi sur la recherche et ce que l'on appelle les PRES... Il faut aussi souligner l'engagement de quelques responsables pour exploiter ces opportunités.

Le schéma du centre de Dijon, validé par la direction de l'INRA, définit 3 grands ensembles scientifiques :
• qualité des aliments, perception sensorielle et préférence des consommateurs avec une opération structurante de l'INRA sur ce thème et la validation de l'Institut Fédératif de Recherche, IFR 92 "Qualité des aliments" réunissant l'université de Bourgogne, en particulier avec l'ENSBANA, l'ENESAD et l'INRA
• l'ensemble Plante/sol/microbes/environnement (Biogéosciences et agro-environnement) avec le projet d'une Fédération de Recherche, l'Institut Buffon réunissant l'INRA, le CNRS, une UFR de l'université de Bourgogne, l'ENESAD
• le troisième, Territoires et Développement, regroupe les sciences sociales, avec les unités des départements SAE2 (CESAER) et SAD (LISTO-D).

Dans le document d'Orientation 2006-2009 de la direction de l'INRA, ces trois ensembles sont repris comme "opérations structurantes", avec une dénomination un peu différente pour le nouvel ensemble (Agro-écologie de la parcelle cultivée) ; ce qui est perçu comme un fort signe d'encouragement sur les choix que nous faisons et montre bien l'importance de la dynamique dijonnaise.

• Pôles de compétence

Le deuxième fait important, c'est le lancement par la DGER en décembre 2003-printemps 2004 de "pôles de compétence" dans le but de réorganiser et d'optimiser l'enseignement supérieur agricole et vétérinaire destiné à offrir des formations de haut niveau dans les domaines des sciences et des techniques du vivant. Les nouveaux ensembles doivent être lisibles et compétitifs aux échelles nationale, européenne et internationale (avec des critères de nombre d'étudiants, de professeurs, de recherche...). À l'initiative de la DGER, sept pôles de compétence sont proposés en France : Paris, Montpellier, Rennes/Nantes/Angers, Clermont-Ferrand/Lyon, Toulouse, Nancy et Dijon. L'intérêt et l'originalité de Dijon c'est que le pôle de compétence réunit nécessairement l'université de Bourgogne avec son école ENSBANA.

Sur le plan de la recherche, le pôle de compétence dijonnais reprend exactement les 3 regroupements scientifiques du Schéma de centre : "Territoires et Développement", "Alimentation/Sensorialité", "Agronomie/Environnement". L'idée est d'avoir à Dijon une grande école d'ingénieurs avec la fusion de l'ENESAD et de l'ENSBANA, de l'Institut de la vigne et du vin, en s'appuyant sur les sciences de la nature et de l'environnement de l'université. À la rentrée 2008, il ne devrait y avoir qu'une seule école dans ce domaine. Quelle est la place de l'INRA dans cet ensemble ? Le débat est ouvert sachant que toutes les thématiques retenues pour ce pôle concernent l'INRA. Il est difficile de savoir quelle formule juridique pourra être retenue. Il est actuellement proposé de regrouper ces trois ensembles dans un GIS (Groupement d'Intérêt Scientifique) qui permettrait de coordonner les politiques et les actions en matière de recherche, de formation supérieure et de transfert.

Ce qui est important aujourd'hui c'est que les recrutements puissent être totalement coordonnés et que la direction nationale doive rester maître des orientations scientifiques. À Dijon nous avons un cas d'école exemplaire puisque le Grand Campus scientifique se construit autour de l'INRA qui fixe donc les grandes orientations scientifiques. Par exemple les chefs de département AlimH et CEPIA resteront, avec Xavier Leverve, directeur scientifique Nutrition humaine et sécurité des aliments, les responsables scientifiques de l'ensemble du pôle "Sensorialité et préférences des consommateurs" ; les chefs de département EA, GAP, SPE resteront avec François Houllier, directeur scientifique Plante et Produits du Végétal et Pierre Stengel, directeur scientifique Environnement Écosystèmes cultivés et naturels, responsables de l'ensemble du pôle Biogéosciences, microbes/sol/environne-

ment ; enfin, les chefs de département du SAE2 et du SAD continueront à décider avec Bernard Hubert, directeur scientifique Société, Économie et Décision, des choix scientifiques du pôle "Territoires et Développement". Peut-il y avoir des économies d'échelles au bon sens du terme ? Nous le croyons pour l'organisation, la formation, les activités transversales... Il y a une chance à saisir pour structurer quelque chose qui soit fort et reconnu internationalement et dans laquelle l'INRA jouerait pleinement son rôle. Cela demande du temps, il faut raisonner à 10/15 ans.

• Pôles de compétitivité

Le troisième élément important est la mise en place des pôles de compétitivité qui sont d'une autre nature. Déposé en février 2006 en réponse à un appel d'offres et labellisé par le gouvernement, le projet dijonnais appelé VITAGORA existe pour deux raisons, d'une part parce que les industriels se sont mobilisés autour de l'ancien vice-président d'Unilever, l'ancien patron d'Amora (au sein d'Unilever), d'autre part, parce que la thématique est justement sensorialité, goût, nutrition/santé. La direction de l'INRA a considéré que ce pôle était cohérent avec les choix scientifiques de l'INRA à Dijon. S'agissant des recherches nécessaires pour ce pôle mais qui ne se font pas à Dijon, nous concevons le centre comme un portail d'entrée vers les autres centres concernés : Nantes, Clermont... dans une dialectique régionale/nationale. Récemment, des responsables de VITAGORA (filière Céréales) sont allés à Nantes pour apprécier les ressources qui pourraient être utiles à ce pôle de compétitivité.

Avec cette dynamique de pôle de compétitivité, la région qui soutient le pôle de compétence, l'INRA qui valide les trois thèmes scientifiques, l'engagement du président de l'université, il y a là une opportunité qui peut-être dans 4 ou 5 ans n'existera plus, il faut donc la saisir.

NOUS N'AVONS PAS ÉVOQUÉ LES PRES ? De ce point de vue, la situation n'est pas encore stabilisée, la Loi sur la recherche offre de nouveaux outils (voir l'article de Philippe Vissac). L'université de Bourgogne propose quatre grands domaines scientifiques : les sciences des matériaux, le secteur santé, la MSH (sciences de l'éducation et sciences humaines dans les domaines archéologie, histoire de l'humanité...), les sciences de l'Aliment et de l'Agro-environnement. Il est prévu un rapprochement entre les universités de Bourgogne et de Franche-Comté, universités plus complémentaires que concurrentes. Pour ce qui est du périmètre du pôle de compétence (Agrale tel qu'il est connu à Dijon), c'est la formule d'un GIS qui est retenu.

DANS LES EXEMPLES DES LIENS ENTRE POLITIQUE NATIONALE ET RÉGIONALE, AVEC L'IDÉE "PORTAIL D'ENTRÉE DE DIJON", VOUS ÉVOQUIEZ LE VIN... Il y a plusieurs filières regroupées dans VITAGORA, l'une sur les céréales de qualité, une autre sur le lait (des fromages au lait cru) et bien sûr sur la vigne et le vin ; ce sont les trois plus grandes. Le fromage au lait cru a permis de faire des liens avec la Franche-Comté et d'impliquer le laboratoire INRA de Poligny qui se trouve bien dans notre thématique sensorialité/goût/ préférences. À Dijon, il y a des projets de céréales de qualité, très différents de celui du Nord-Est du Bassin parisien avec la valorisation agricole non-alimentaire, il s'agit de développer une filière blé panification à haute valeur "Goût, Nutrition, Santé". Les compétences "Recherche" ne sont pas à Dijon, mais à Nantes, Montpellier et Clermont : nous aidons, comme je l'ai dit plus haut, à faire les pontages.

La question de la vigne et du vin est évidemment plus sensible, la Bourgogne ne peut pas se permettre de ne pas avoir de forces scientifiques sur ce thème. Il y 15 ans, il était pratiquement interdit de faire la moindre recherche à Dijon sur vigne et vin. Aujourd'hui, il n'y a pas à Dijon d'équipe spécifique sur ce thème comme à Bordeaux, à Montpellier et à Colmar. Nous avons convenu que ce thème pourrait faire partie des domaines de recherche ou d'expérimentation des équipes et unités scientifiques dans chacun des trois grands ensembles. Ainsi dans "Territoires et développement", il y a une recherche sur les pratiques "environnementales" des viticulteurs ; d'autres équipes de l'institut Buffon travaillent sur les sols et leur capacité à absorber des traitements phytosanitaires ; d'autres, du pôle "Goût", travaillent sur les arômes des vins. Pour favoriser l'émergence de ces travaux V&V dans les recherches de ces unités, il y a une GIST (la CRECEP : coordination recherche chardonnay et pinot) qui réunit la profession et toutes les institutions de recherche et d'enseignement supérieur du Grand Campus, organisme d'interface pour mieux répondre aux besoins des producteurs de la région.

ET LES TRAVAUX SUR LE DÉVELOPPEMENT RÉGIONAL ? Dijon est l'une des 5 régions choisies (Languedoc-Roussillon, Pays-de-Loire et Rhône-Alpes, Midi-Pyrénées) pour la mise en place du programme de recherche en partenariat "Pour et Sur le Développement Régional" (PSDR3), lancé par Michel Sebillotte. Une première phase de cette opération vient de se terminer, conduite dans le cadre du campus, entre l'ENESAD, l'université, l'INRA... en collaboration avec les partenaires administratifs et professionnels : Chambre d'agriculture, l'ARIA (association régionale des industries agro-alimentaires), le Conseil régional... Il s'agit bien d'un programme de recherches, co-construit, à partir des demandes des professionnels (industriels, chambres d'agriculture). Récemment, il y a eu une restitution des résultats. Il faut souligner que ce programme a augmenté la qualité de la relation avec les partenaires professionnels, dans chacun des trois regroupements scientifiques identifiés, c'est une autre opportunité pour le centre de Dijon. La troisième génération des programmes PSDR se met en place en Bourgogne.

Entretien par
Marc-Antoine Caillaud et *Denise Grail*

Riziculture biologique
Des avancées concrètes depuis plusieurs années

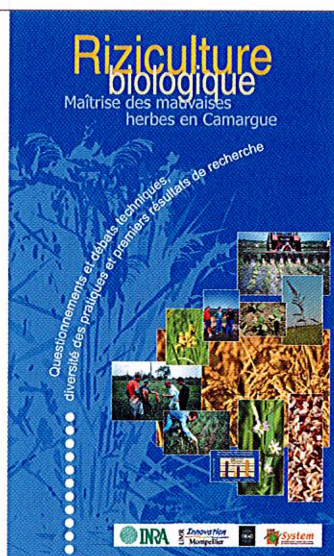
Depuis plusieurs années, notre équipe* sillonne les routes de Camargue pour y étudier ses particularités agronomiques, économiques et sociales. L'un des constats de ces dernières années est la situation problématique de la riziculture. Les rendements moyens stagnent et le prix de vente du paddy (riz non décortiqué) ainsi que les assolements en riz sont instables.

En 1998, cette situation a conduit l'UMR Innovation de l'INRA Montpellier et le Centre français du riz (CFR) à élaborer un programme de recherche basé sur l'analyse du fonctionnement des systèmes de culture rizicoles. Les principaux problèmes techniques ont ainsi été identifiés en cultures biologique et conventionnelle.

Concernant l'agriculture biologique, l'UMR Innovation a entrepris en 2002 une recherche ayant pour objectif l'étude des conditions de développement de la céréaliculture biologique en Camargue (projet Cebioca - AO CIAB 2002). Elle associait en partenariat des agents du CFR, du CIRAD, de la station biologique de la Tour du Valat et de l'INRA.

Au niveau agronomique, des avancées ont ainsi pu être réalisées principalement dans le domaine de la maîtrise des mauvaises herbes. Elles ont fait l'objet de publications scientifiques et d'une brochure de vulgarisation.

Les travaux relatifs à la fertilisation organique en riziculture biologique restaient cependant limités. En 2004, notre UMR en collaboration avec le CFR a donc décidé d'étudier cet aspect important de l'itinéraire technique.







Photos : Jean-Claude Mouret

Plusieurs expérimentations ont ainsi été mises en place. En parallèle, une série d'enquêtes a été menée auprès des riziculteurs biologiques camarguais afin d'évaluer la nécessité de s'investir dans cette thématique. Après 3 années d'investigation, l'analyse des résultats et leur validation ont permis d'élaborer une deuxième plaquette de vulgarisation destinée à tous les riziculteurs camarguais et autres acteurs de la filière.

Jean-Claude Mouret,
UMR Innovation, Montpellier

* Membres de l'équipe : Roy Hammond, Mathieu Bayot et Mamadou Ari Tchougoune
Voir aussi plus loin "le projet ORPESA".

Voir également "Histoire et Recherche" Le riz et la Camargue, *INRA mensuel* n°64-65, 1992

Expertise scientifique collective réalisée par l'INRA
Sécheresse et agriculture : "Réduire la vulnérabilité de l'agriculture à un risque accru de manque d'eau"

Le ministre de l'Agriculture et de la Pêche a commandité à l'INRA une expertise scientifique collective sur le thème : "Réduire la vulnérabilité de l'agriculture à un risque accru de manque d'eau" afin de dresser un état de l'art actualisé et original sur les relations entre agriculture et ressource en eau. Cette expertise a mobilisé 25 experts d'institutions diverses pour effectuer une analyse rigoureuse de l'ensemble de la littérature scientifique internationale sur le sujet. Elle met à disposition des pouvoirs publics et des porteurs d'enjeux les éléments disponibles pour éclairer leurs choix, et notamment : établir les bases physiques d'une gestion équilibrée de la ressource en eau ; explorer les possibilités de mise en place de systèmes de culture et de production mieux adaptés à ces contraintes nouvelles ; analyser les modalités d'action économique et politique disponibles.

Cette expertise a été présentée lors d'un colloque le 19 octobre 2006.

• Incidence de l'agriculture sur la ressource en eau

Dans les conditions réelles du milieu, l'échelle pertinente d'observation de la ressource disponible en eau est l'échelle du bassin versant. C'est sur un ensemble de systèmes de culture irrigués et pluviaux que le raisonnement doit porter. L'agriculture contribue, en effet, via des systèmes de culture qui maintiennent le sol sans végétation active sur de longues périodes, à une réalimentation des nappes plus importante que celle résultant des surfaces non cultivées comme la forêt et la prairie.

En valeur relative par rapport aux surfaces naturelles, les terrains cultivés couplent les deux rôles de consommateur et de contributeur d'eau. Dans les débats à engager à l'échelle du bassin versant, il existe ainsi une interdépendance de fait entre l'agriculture irriguée et l'agriculture pluviale.

• Maintien et développement d'une production agricole en conditions de sécheresse

L'expertise a exploré deux pistes : l'amélioration des espèces cultivées ou pâturées et la mise en place de systèmes de culture et d'élevage aptes à assurer une production rentable tout en étant plus efficients et plus économes en eau.

• Les voies d'action économique et politique

L'agriculteur et l'éleveur sont les premières victimes de la sécheresse puisque l'agriculture non irriguée est très majoritaire. Aider l'agriculture à s'adapter, c'est lui permettre d'être rentable tout en veillant à la meilleure utilisation collective de l'eau, en créant des lieux de partage de la ressource en eau avec les autres acteurs de la société.

Ce travail confirme la nécessité de généraliser une gestion intégrée et collective des ressources en eau au niveau des bassins versants. Les agriculteurs sont des acteurs-clefs de cette question. L'INRA s'applique à proposer des moyens de s'adapter à la fréquence des sécheresses estivales par des choix culturaux nouveaux qui intègrent la dimension "eau" comme une donnée majeure du système de production.

• Un colloque pour mettre les questions en débat

L'expertise a été présentée lors d'un colloque public le 19 octobre 2006 afin de mettre en débat les questions soulevées auprès des porteurs d'enjeux concernés par la gestion collective de l'eau : profession agricole, représentants d'associations d'environnement ou de consommateurs, gestionnaires de l'eau...

La participation riche et active d'acteurs très divers aux discussions a montré toute la complexité du sujet et combien l'enjeu de la gestion de l'eau est une préoccupation forte des nombreux utilisateurs de l'eau.

L'expertise collective démontre ainsi son utilité en apportant des éléments originaux et solides contribuant à créer un socle de connaissances à partir duquel le débat peut s'établir.

Extraits du Communiqué de presse du 19 octobre 2006
Contact scientifique : Bernard Itier, INRA Montpellier, pilote de l'expertise

Pour télécharger le document de l'expertise (76 pages) : www.inra.fr/presse/secheresse_et_agriculture_expertise_scientifique_collective

Europe

Coexistence entre cultures OGM et non OGM en Europe

Comment des systèmes de culture OGM et non OGM pourraient-ils coexister au sein de régions agrico-

les européennes ? La réponse dépend principalement du seuil admis pour la présence accidentelle d'OGM dans les récoltes non transgéniques, de l'espèce cultivée, de la structure des parcellaires, du climat et des pratiques agricoles. Au seuil réglementaire européen de 0,9%, la coexistence peut nécessiter la mise en place de mesures adaptées aux contextes agricoles et ne s'avère possible qu'à condition que le niveau d'impuretés OGM dans les lots de semences non OGM ne dépasse pas 0,5 %. Produire de tels lots de semences en coexistence est faisable techniquement mais, selon les cultures, nécessite des changements contraignants par rapport aux pratiques de production actuelles. Par exemple, la coexistence en production de maïs semence implique, selon les zones, la mise en place de distances d'isolement plus grandes. Des tables de décision aident à raisonner et optimiser les mesures à adopter en fonction du paysage, du vent dominant et des pratiques agricoles.

Contact : Antoine Messéan, Frédérique Angevin, unité Impacts écologiques des innovations en production végétale (Eco-Innov), Versailles-Grignon

Pour en savoir plus : Rapport complet à télécharger sur le site du JRC New case studies on the coexistence of GM and non-GM crops in European agriculture

Contact web : Nicole Ladet, mission Communication

"La science et vous" (9 novembre 2006) www.inra.fr/la_science_et_vous/dossiers_scientifiques/ogm/

Une recherche impliquée dans la formation professionnelle
Le projet ORPESA
(Progamme Européen Leonardo da Vinci)

Toujours dans la démarche d'appui aux riziculteurs biologiques, l'équipe Camargue de l'UMR Innovation s'investit depuis un an dans le projet européen ORPESA (Organic Rice Production in Environmentally Sensitive Area) qui rassemble 6 pays (France, Espagne, Italie, Portugal, Pays-Bas et Bulgarie).

L'objectif de ce programme est de développer la riziculture biologique dans les bassins rizicoles européens notamment dans les zones écologiquement sensibles. Pour ce faire, l'Union européenne a chargé différents organismes d'élaborer un programme de formation professionnelle qui pourra répondre concrètement et efficacement aux interrogations des membres de la filière. Notre UMR a été chargée de développer ce projet en France. Mathieu Bayot, diplômé de l'Agro.M en 2005 (Spécialisation Production végétale durable), a donc été recruté pour renforcer l'équipe.

Les formations développées se veulent les plus adaptées possibles aux attentes. Cette volonté a conduit à envisager une approche pédagogique axée sur une démarche participative. À partir de débats et de discussions fondés sur les observations et les expériences des participants, des connaissances communes et reconnues par tous sont élaborées. Cette démarche doit permettre d'enrichir les références techniques et économiques faisant cruellement défaut en riziculture biologique. Celles-ci seront également étoffées grâce à la contribution des pays partenaires et par l'intervention des spécialistes concernés par des problématiques spécifiques.

Jean-Claude Mouret,
UMR Innovation, Montpellier

Voir aussi dans cette même rubrique "Riziculture biologique" par Jean-Claude Mouret

L'INRA coordonne un ambitieux projet européen de biologie systémique : BaSysBio

Jacques Remacle, chef d'unité Génomique et biologie des systèmes de la Commission européenne et Marion Guillou ont lancé officiellement le projet intégré européen BaSysBio (Bacillus Systems Biology) le 1er décembre 2006 à l'INRA de Jouy-en-Josas. Ce projet, qui va mobiliser 15 organismes de recherche européens et une université australienne pour mettre au point des techniques dites de "biologie systémique", permettra d'étudier le fonctionnement global d'une bactérie modèle : *Bacillus subtilis*. Les connaissances obtenues seront ensuite étendues à des bactéries pathogènes, ouvrant le champ à des applications dans les domaines de la santé et de l'environnement. Le financement accordé par l'Europe pour ce projet s'élève à 12 millions d'euros pour 4 ans.

La biologie systémique est une discipline jeune et extrêmement prometteuse car elle consiste à intégrer toutes les disciplines scientifiques et les technologies pouvant contribuer à mieux comprendre le fonctionnement biologique. Cette approche exigeante en compétences multidisciplinaires est coûteuse en moyens matériels et nécessite des investissements lourds. BaSysBio constituera une des premières initiatives de recherche d'envergure susceptible de concurrencer les initiatives américaines dans ce domaine.

Contact : Philippe Noirot, Coordinateur du projet, Génétique microbienne, Jouy-en-Josas

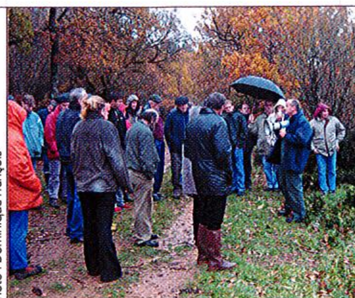


Photo : Dominique François

Didier Foulquié expliquant à un groupe d'éleveurs et techniciens de la région Midi-Pyrénées les techniques d'élevage développées depuis 1972 sur les 280 ha du parcours de la Fage pour réussir la conduite en plein air intégral d'un troupeau de 350 brebis prolifiques et des 600 agneaux nés chaque printemps.
Dominique François

INRA-CIRAD

La recherche agronomique à Montpellier, reconnue comme l'un des 13 domaines d'excellence scientifique française
INRA-CIRAD-SupAgro

Marion Guillou, Gérard Matheron, directeur général du CIRAD et Étienne Landais, directeur de l'Agro Montpellier, ont annoncé le lancement du Réseau Thématique de Recherche Avancée (RTRA) "Recherche agronomique et développement durable".

Ce réseau est l'un des 13 dont la labellisation a été annoncée le 4 octobre 2006 par le Gouvernement. Le RTRA est l'une des mesures structurantes prévues par la Loi de programme pour la recherche du 18 avril 2006, pour identifier et consolider les grands pôles scientifiques français capables de se situer dans le peloton de tête de la recherche mondiale.

S'appuyant sur leur notoriété en matière d'agronomie métropolitaine, méditerranéenne et tropicale et sur la dynamique du pôle Agropolis International, l'INRA*, le CIRAD* et Montpellier SupAgro** se mobilisent, ensemble, pour :

- favoriser l'adaptation des agricultures du Nord et du Sud au changement climatique
- faire face aux risques liés à la sécheresse, aux invasions biologiques, aux maladies émergentes, assurer la sécurité sanitaire des aliments, lutter contre l'érosion des ressources naturelles et de la biodiversité
- répondre aux défis agricoles, alimentaires et environnementaux nés de la poursuite de l'expansion démographique, de la mondialisation des échanges et de la croissance des pays émergents.

Face à ces enjeux, les trois organismes fondateurs ont choisi de constituer à Montpellier et Avignon, avec leurs partenaires, un réseau centré notamment sur la Science des Plantes, du gène au système, en croisant des approches biotechniques et socio-économiques, sur des problématiques tempérées, méditerranéennes et tropicales.

Ce réseau rassemble 500 chercheurs et enseignants-chercheurs de haut niveau, répartis sur quatre campus spécialisés dotés d'outils performants, travaillant au sein d'unités de recherche du meilleur niveau.

Grâce aux moyens nouveaux dont il va bénéficier et à la qualité du dispositif mis en commun, ce réseau confirmera son rôle de premier plan sur la scène internationale, aux côtés d'autres grands sites de réputation mondiale comme Cornell (USA), Wageningen (Pays-Bas), John Innes Center (Royaume-Uni) et Max Planck Institut (Allemagne).

Communiqué de presse du 5 octobre 2006

* Les recherches de l'INRA et du CIRAD concernent les questions liées à l'agriculture, à l'alimentation et à la sécurité des aliments, à l'environnement et à la gestion des territoires, avec un accent tout particulier en faveur du développement durable, l'INRA s'intéressant plus particulièrement à la zone tempérée et le CIRAD à la ceinture intertropicale.

** Montpellier SupAgro regroupe depuis janvier 2007, dans un établissement unique quatre organismes du ministère de l'Agriculture et de la pêche présents en région Languedoc-Roussillon : l'Agro.M, le Cnearc, l'Ensia-Siarc et le CEP de Florac. Il sera, avec Agro ParisTech, l'un des deux grands établissements du dispositif français d'enseignement supérieur agronomique.

En savoir plus sur les RTRA www.pactepourlarecherche.fr/ www.recherche.gouv.fr/discours/2006/listepmrtra.pdf

Les maladies animales émergentes :
exemples de recherche INRA-CIRAD sur des maladies qui n'ont pas de frontières

Les maladies animales ne connaissent pas de frontières et se propagent à travers la planète, véhiculées par des animaux (des oiseaux, des arthropodes, des tiques...). Leur progression pose de nombreuses questions aux chercheurs : quelles sont les conditions de l'environnement et du climat qui les favorisent ? Quelles sont les dynamiques des populations des agents pathogènes et des vecteurs qui les véhiculent ? Comment surviennent les épidémies ? Quelle est la biologie

des pathogènes et quels sont les mécanismes de défense des animaux touchés ? Comment mettre au point des méthodes de surveillance et d'alerte ? Comment étudier les impacts socio-économiques des épidémies sur les animaux et éventuellement sur les populations humaines ?

Le 4 décembre 2006, des chercheurs de l'INRA et du CIRAD ont présenté à la presse plusieurs exemples de leurs travaux permettant de montrer comment la recherche répond à ces questions : (fiches en ligne pour chaque travaux : www.inra.fr/presse/maladies_animales_emergentes_exemples_inra_cirad)

• **Bioscope : un Observatoire du vivant en Méditerranée** : un système d'information en temps réel qui propose des prévisions épidémiologiques et contribue à une prévention et un contrôle des pathologies surveillées : grippe, blue-tongue, Trichine...
Contact :Christian Ducrot, UR Épidémiologie animale, INRA Clermont

• **La grippe aviaire : de la connaissance du virus à la compréhension de la maladie**
Contacts : Abdenour Benmansour, UR Virologie et immunologie moléculaires, INRA Jouy-en-Josas et Renaud Lancelot, CIRAD Montpellier

• **La fièvre catarrhale ovine ou Bluetongue : une maladie qui vient du sud**
Plusieurs souches de virus pour une même maladie habituellement subtropicale et qui touche désormais le nord de l'Europe.
Contact : Renaud Lancelot, CIRAD Montpellier

• **Les maladies transmises par les tiques :**
- **exemple des tiques des pays tempérés** : Pascal Boireau, AFSSA, UMR Biologie moléculaire et immunologie parasitaires et fongiques INRA-AFSSA-ENVA-Univ. Paris XII, INRA Jouy
- **exemple des tiques des pays tropicaux** : Frédéric Stachurski, UR MEDVETROP, CIRAD Montpellier

D'après le communiqué de presse du 5 décembre 2006
Contact INRA : Gilles Aumont, chef du département Santé animale, Tours

Pôle "Agrumes" en Corse : une collaboration INRA-CIRAD

Le pôle "Agrumes" de San Giuliano abrite la plus importante collection méditerranéenne et européenne de ressources génétiques d'agrumes. Il est au coeur du dispositif pour la recherche française sur les agrumes menée conjointement par l'INRA et le CIRAD. Le 21 juillet 2006, les deux organismes ont signé la nouvelle convention fonctionnement régissant leur collaboration sur le pôle "Agrumes".

Inde

Mission de Marion Guillou en Inde du 12 au 16 février

Marion Guillou a visité les principaux instituts et organismes indiens avec lesquels l'INRA collabore : ICAR et CEFIPRA à Dehli, BAIF à Pune, ainsi que le "Department of Science and Technology", le "Department of Biotechnology" et le CSIR, pour structurer les coopérations par des accords et étendre les champs de coopération, en particulier sur les biotechnologies. Elle était accompagnée de François Houllier, Xavier Leverve, Didier Boichard, Sadasivam Kaushik (St-Pée sur Nivelle) et de Bernard Charpentier.

D'après *Intercom* n°146, 1er février 2007 et communiqué de presse du 16 février 2007.

Traitement des eaux résiduaires
Collaborations du laboratoire de Biotechnologie de l'Environnement de Narbonne avec l'Inde

Le LBE de l'INRA de Narbonne mène des actions de recherche et de développement dans le domaine du traitement biologique des eaux usées et des résidus solides d'origines domestique, agricole et agro-industrielle. Ces actions ont plus particulièrement pour objet d'étudier sous un angle pluridisciplinaire des processus de transformation microbiologique des éléments polluants majeurs ou en trace afin d'épurer les effluents ou de traiter, par réduction des volumes ou détoxification, des résidus organiques solides. Elles se positionnent donc en amont des milieux récepteurs naturels ou cultivés, les outils utilisés étant des bioréacteurs.

Composé de trois équipes (écologie microbienne, ingénierie des procédés, transfert technologique), le laboratoire mène une recherche fondamentale et appliquée dans le domaine du traitement des pollutions liées au carbone, à l'azote, au phosphore, aux composés traces organiques et aux éléments microbiologiques indésirables.

Dans ce contexte, le LBE, en lien avec la Mission des Relations Internationales de l'INRA, développe depuis 4 années des collaborations avec des laboratoires de recherche indiens situés dans le sud de l'Inde, dans les États du Karnataka et du Tamil Nadu. Dans ce dernier État, les relations sont plus particulièrement développées avec une université privée, le Kumaraguru College of Technology (KCT), à Coimbatore. Elle compte 3 000 étudiants dont 40% de filles, 219 professeurs et 14 départements : génie civil, biochimie, génie mécanique, génie électrique, informatique, aéronautique...

Au départ (2002 - 2005), le LBE a travaillé avec le Center for Environmental Studies (CES) de l'université des sciences de Chennai (ex-Madras) sur le traitement des effluents hypersalés et en particulier ceux produits par les tanneries indiennes qui posent un problème environnemental majeur dans le sud de l'Inde. Ceci s'est traduit par la mise en place d'une thèse co-encadrée et un doctorant français, Olivier Lefèbvre, a passé 18 mois en Inde au CES à Chennai et 18 mois au LBE [1]. Durant cette période, le Dr Joseph Thanikal du KCT a effectué un stage de post-doctorat de 2 ans (avril 2003-avril 2005) au LBE sur le développement d'un procédé anaérobie de traitement des eaux usées. Son travail s'est concrétisé par le dépôt d'un brevet et par la signature d'une licence de savoir-faire avec une start-up (Naskeo Environnement), chargée de la commercialisation du nouveau procédé en liaison avec le LBE. À la fin de son post-doc, le Dr Thanikal a rejoint le Center for Water and Environmental Studies (CWES) du KCT en tant que responsable du laboratoire. En 2006, il a été nommé principal du KCT.

Depuis son retour en Inde, les relations entre le KCT et le LBE se sont développées et prennent une nouvelle dimension, riche de perspectives, avec la mise en place de 3 coopérations pour les 4 prochaines années :

• un programme P2R (Programme de Recherche en réseau) de coopération et d'échanges entre l'Inde et la France sur les problématiques liées à l'eau a été accepté en 2005. Le but de ce programme de 4 ans est de favoriser les échanges entre des équipes de recherche indiennes et françaises [2]

• un projet franco-indien CEFIPRA (Centre Franco-Indien pour la promotion de la recherche avancée) vient d'être attribué au LBE et au KCT sur l'optimisation du procédé de dépollution développé précédemment. Ce projet de 3 ans sera réalisé en partie en Inde et en partie en France et sera co-financé par les deux pays. Ce projet associe également la société Naskéo côté français et un industriel indien Wintex qui sera chargé de la fabrication d'éléments entrant dans la composition du nouveau procédé, éléments fondamentaux pour l'optimisation du procédé

• enfin, le KCT et l'INRA (LBE Narbonne) ont été chargés par l'association internationale sur l'eau (IWA) de Londres d'organiser la prochaine conférence internationale spécialisée sur les petites stations d'épuration et sur les systèmes de dépollution décentralisés qui aura lieu en Inde à Coimbatore du 6 au 9 février 2008. Une telle conférence est programmée tous les deux ans [3]. Plus de 300 participants provenant de plus de 25 pays différents sont attendus.

L'ambassade de France en Inde et l'INRA apportent un soutien financier régulier à ces collaborations en finançant des échanges de chercheurs et des stages pour des étudiants indiens au LBE ou des étudiants français au KCT.

Ainsi actuellement, Rajinikanth Rajagopal de l'Indian Institute of Technology de Roorkee, ville située au nord de New-Delhi, a fait sa thèse au LBE dans l'équipe de transfert de technologie [4]. À la fin de sa thèse (juin 2007), il sera embauché au laboratoire de recherche sur l'eau du Dr Joseph Thanikal au KCT de Coimbatore. Deux autres étudiants ont effectué des stages pré-doc de 4 et 8 mois en 2005 et 2006. Deux étudiants français ont également suivi un stage de 5 mois en Inde, au LBE, en 2005 et 2006. Des échanges de chercheurs (au moins 3 séjours par an) ont régulièrement lieu entre la France et l'Inde.

Michel Torrijos,
Jean-Philippe Delgenes,
LBE-INRA de Narbonne


Photo : ©INRA
Université Kumaguru College of Technology (KCT).

[1] La thèse a été soutenue en décembre 2005 et 5 papiers ont été à ce jour publiés.
[2] Ce projet regroupe plusieurs laboratoires de recherche des 2 pays (IRD, BRGM, INRA, ... côté français et KCT-Coimbatore, IISc Bangalore, IIT Delhi... côté indien).

Chine, pierre de rêve. Claude Boullé, Paris 6[e].



3 Consulter le premier appel à communication sur le lien suivant : www. montpellier.inra.fr/transfert_ext/torrijos. Les précédentes éditions avaient eu lieu en 2006 à Mexico, en 2004 à Perth en Australie, en 2002 à Istanbul...

4 Il a déjà effectué un premier stage de 8 mois à Narbonne de septembre 2005 à avril 2006 et il est revenu le 1[er] août 2006 pour un deuxième stage de 10 mois.

Chine

L'INRA renforce sa collaboration avec la Chine

Une importante délégation de responsables scientifiques conduite par Guy Riba, s'est rendue à Shanghaï, Pékin et Wuhan du 13 au 23 janvier 2007. Cette mission a été l'occasion de renforcer la coopération existante sur des programmes de recherche conjoints concernant la génomique du blé et la biologie animale. Elle a également permis de mettre au point un nouveau projet de coopération pour étudier le métagénome du tube digestif de l'homme. Autre objet de cette mission : visiter de nouveaux Instituts de recherche afin d'identifier de potentiels partenaires d'excellence. Le 30 janvier 2007, Marion Guillou a, en retour, reçu l'ambassadeur de la République Populaire de Chine au centre de recherches de Jouy-en-Josas.

Depuis juillet 1999, l'INRA a créé une représentation permanente à Pékin commune avec le Cirad. L'émergence en Chine d'équipes de recherche de très haut niveau, disposant de moyens humains, financiers et matériels considérables a déjà permis de mettre en place plusieurs partenariats avec l'appui de l'ambassade de France en Chine, très active sur ces coopérations.

• Génomique du blé et biologie animale

Cette mission en Chine avait pour objectif de mieux structurer et renforcer la coopération de l'INRA avec ses partenaires chinois autour de programmes de recherche existants :

• **la génomique du blé** : avec le laboratoire-clef d'État de génomique des céréales et de biotechnologies de l'Académie d'agriculture de Chine (CAAS) à Pékin et l'unité d'amélioration et santé des plantes de l'INRA de Clermont-Ferrand. Une extension de ce programme à d'autres laboratoires français et chinois est à l'étude.

• **La biologie animale** : avec le laboratoire-clef de l'Institut de Zoologie de l'Académie des Sciences de Chine (CAS) de Pékin et l'unité biologie du développement et de la reproduction de l'INRA de Jouy-en-Josas.

Ces deux collaborations se développent remarquablement bien dans le cadre de deux laboratoires de recherche conjoints inaugurés en novembre 2005. L'objectif de ces laboratoires conjoints est de soutenir, sur une période de 4 ans, un travail de recherche complémentaire et de favoriser simultanément une présence de chercheurs français en Chine et de chercheurs chinois en France.

• Séquençage du métagénome du tube digestif

Ce grand projet sur le métagénome du tube digestif vise à caractériser les fonctions des communautés microbiennes de l'intestin et leur rôle en matière de nutrition et de santé. Les équipes scientifiques de Chine et de France se placent parmi les meilleures en matière d'écologie microbienne intestinale et de génomique microbienne. Elles souhaitent mettre en commun leurs capacités de séquençage et d'analyse requises par l'échelle et la complexité de l'initiative "métagénome intestinal humain".

Un programme conjoint de recherches sur le métagénome du tube digestif sera déposé dans le cadre joint de l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) et du ministère chinois de la Science et de la Technologie (MOST) en avril 2007 et sera animé par l'INRA.

• Visite de nouveaux instituts de recherche

Afin d'identifier des partenaires d'excellence avec lesquels développer de nouveaux programmes de recherche conjoints, la délégation de l'INRA a visité à **Shanghaï** l'Institut de Physiologie des Plantes rattaché au laboratoire-clef d'État centre des sciences du vivant (SIBS) de l'Académie des Sciences. Cette institution est considérée comme un pôle chinois d'excellence pour la recherche fondamentale en sciences du vivant.

Les chercheurs ont également visité à Pékin l'institut de génétique et de biologie du développement de l'Académie des Sciences. Cet institut, dont les travaux concernent pour une grande part la génétique végétale, apparaît comme un partenaire très performant.

Enfin, une visite auprès du laboratoire-clef "d'amélioration génétique des grandes cultures" de l'université agronomique de Huazhong à Wuhan, l'un des centres de recherche chinois de tout premier ordre en biotechnologie végétale, a permis d'échanger sur des perspectives de coopération.

Cette mission a également été l'occasion d'entendre les points de vue du MOST et de la Natural Science Foundation (NSF) sur les priorités du gouvernement chinois en recherche scientifique et technologique dans le cadre du XI[ème] plan quinquennal.

En marge de ces visites, Guy Riba et François Houllier, directeur scientifique Plante et produits du végétal ont participé aux manifestations du 10[ème] anniversaire du laboratoire franco-chinois d'informatique, d'Automatique et de Mathématiques Appliquées (LIAMA) à Pékin dont l'INRA est partenaire depuis l'année 2004.

Communiqué de presse du 31/01/2007

• Visite de l'ambassadeur de la République Populaire de Chine

Le 30 janvier 2007, Marion Guillou a reçu l'ambassadeur de la République Populaire de Chine au centre de Jouy-en-Josas, pour poursuivre les travaux conduits conjointement en matière de nutrition humaine et de biologie du développement animal.

Comité mixte de coopération agricole et agroalimentaire sino-français

La première session de ce Comité s'est tenue le 13 novembre 2006 à Pékin. Ouverte par Du Qinglin, ministre chinois de l'Agriculture et Dominique Bussereau, ministre français de l'Agriculture et de la Pêche, les travaux ont porté sur :

• la coopération dans les secteurs céréalier, du lait et des produits laitiers, de l'élevage et de la viande, dans le secteur viti-vinicole

• des échanges de vue sur les négociations agricoles à l'OMC- la mise en œuvre des indications géographiques en Chine

• la coopération et les échanges en matière d'enseignement agricole et de formation

• des questions vétérinaires et phytosanitaires.

La délégation française, composée de 10 personnes, était conduite par Jean-Marie Aurand, directeur général des politiques économiques, européennes et internationales au ministère de l'Agriculture et de la Pêche. Michel Beckert, président du centre INRA de Clermont-Ferrand-Theix représentait l'INRA. L'Institut est directement concerné par la coopération dans le secteur céréalier du fait de ses relations avec l'Académie des sciences agricoles de Chine (CAAS) (ressources génétiques et la génomique du blé) et dans le secteur laitier avec l'Institut de Technologie de Harbin de la province du Héilongjiang (production et transformation du lait).

D'après *Intercom* n°144, 15 novembre 2006.

Travailler à l'INRA

Le budget de l'INRA pour 2007

Le Conseil d'administration de l'INRA a voté le 15 décembre dernier un budget de 732 millions d'Euros en hausse de 5,2% par rapport à 2006.

Subventions pour charges de service public

Le montant des trois "subventions pour charges de service public", inscrites au budget de la Mission interministérielle "Recherche enseignement supérieur" atteint 608 millions d'Euros (M€). Les crédits inscrits au programme 187 "Recherche dans le domaine de la gestion des milieux et des ressources" s'élèvent à 604 M€. Ils augmentent de 2,4%, une fois corrigés de la hausse de la charge au titre de pensions civiles. Une dotation pour l'INRA de 2,7 M€ (+ 6,6 %) est inscrite sur le programme 142 "Enseignement supérieur et recherche agricoles". Enfin, les rémunérations des "contrats post-doctorants" ministériels figurent désormais sur le programme 172 "Orientation et pilotage de la recherche". Le montant exact n'en est pas connu. La prévision faite par l'INRA atteint 0,9 M€.

Évolution de crédits inscrits dans le projet de loi de finances pour 2007

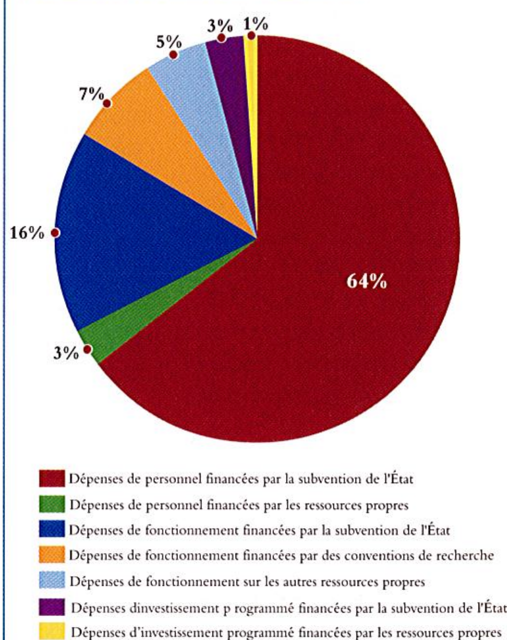
	en %
Budget de l'État	0,8
Mission interministérielle recherche enseignement supérieur	2,6
Programme 187	1,7
Subvention INRA sur le programme 187	2,4
Subvention INRA sur le programme 142	6,6

Une réserve de précaution de 7 M€ a été constituée sur la subvention de l'État à la demande du ministère chargé de la Recherche qui décidera de son utilisation en cours de gestion. Elle porte sur :
• les rémunérations de personnel financées par la subvention pour charge de service public à hauteur de 0,2%
• des dépenses de fonctionnement et d'investissement qui doivent intervenir au second semestre (actions incitatives nouvelles, équipements, travaux d'entretien, opérations immobilières nouvelles)
• les dotations de fonctionnement des unités, à l'exception des unités de recherche, à hauteur de 2%.

Recettes propres

Les recettes propres de l'établissement atteignent 124 M€ (+21% par rapport à la prévision de recettes inscrite au budget primitif pour 2006 qui était très prudente), dont 84 M€ de recettes sur programmes de recherche.

Répartition des dépenses par nature et par source de financement



Caractéristiques et priorités du budget pour 2007

Le budget pour 2007 permet **le recrutement par concours externes de 75 chercheurs et 249 ingénieurs et techniciens**. Les recrutements différés en 2006 sont effectués en 2007 sur les thématiques prioritaires retenues par l'établissement (systèmes agricoles innovants et chimie du végétal). Sur les emplois supplémentaires accordés par l'État à l'établissement en 2007 (14 postes de chercheurs et 50 postes d'ingénieurs et techniciens), l'établissement constitue une nouvelle fois une réserve de 20 postes qui seront ouverts ultérieurement sur des thématiques prioritaires du contrat d'objectifs.

Les **moyens "directs" des unités de recherche et des unités expérimentales** s'élèvent à 526 M€ et se répartissent comme suit, en fonction des types de ressources qui les financent :

La dotation directe de l'établissement dont • *rémunération des personnels permanents* • *crédit de fonctionnement*	427 *384* *43*	81%
Les contrats de recherche	67	13%
Les autres ressources propres	32	6%
Total	526	100%

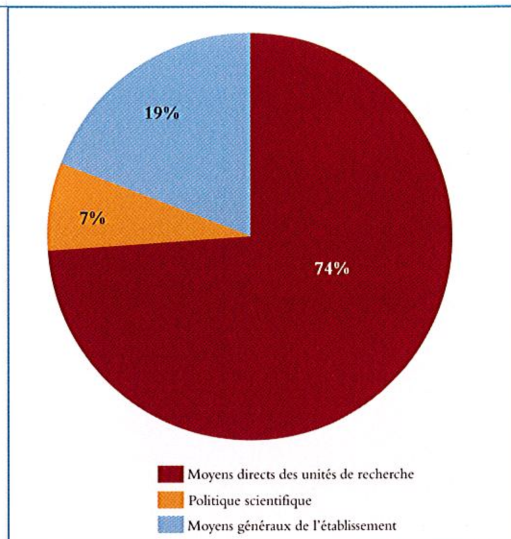
La dotation de fonctionnement et de petit investissement par tête augmente de 0,7%. Globalement, compte tenu de l'augmentation des effectifs de 1,2% des unités de recherche, l'augmentation de cette dotation atteint 2%.

Aux 526 M€ de moyens "directs" des départements s'ajoutent **16,6 M€ de dotations complémentaires** (dont 1,9 M€ de crédits mis en réserve), en général attribuées par l'établissement sur des critères sélectifs :
• les actions incitatives : 7,3 M€ (financés à 100% sur la subvention pour charges de service public ; dont 0,9 M€ de crédits mis en réserve)
• soutien IFR, UR, Jeunes équipes : 1,4 M€ (financés à 10% sur la subvention pour charges de service public)
• les crédits d'équipement scientifique lourd : 6,9 M€ (3,9 M€ sur subvention pour charges de service public, dont 0,5 M€ de crédits mis en réserve)
• retour sur brevets : 0,5 M€

Au total, **74% du budget vont aux unités de recherche et aux unités expérimentales** de l'INRA.

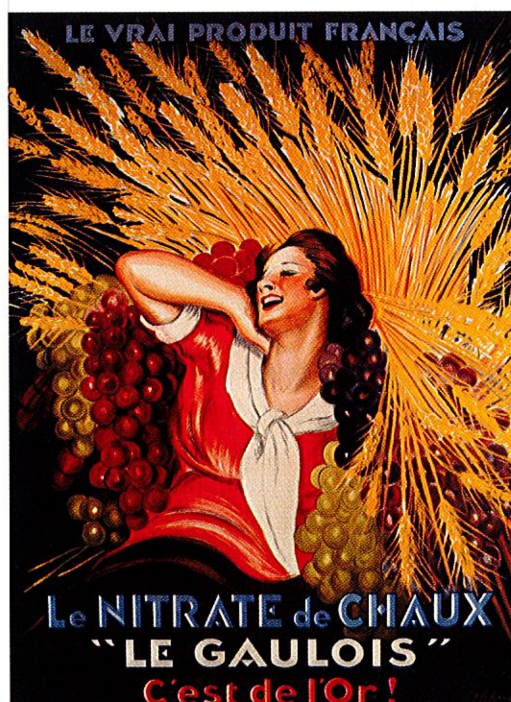
Les moyens de la **politique scientifique** (dotations des directions scientifiques, de la valorisation, de l'IST, des partenariats scientifiques, de la communication) atteignent **50 M€ (7% du total du budget)**. Les principales mesures nouvelles sont :
• la participation au capital de quatre "réseaux thématiques de recherche avancée" (RTRA) pour 0,705 M€
• l'abondement d'un fonds de pré-valorisation (0,300 M€) en appui au financement apporté par la DGER
• l'augmentation des moyens consacrés à l'information scientifique et technique (+0,400 M€) notamment au titre du plan d'évolution de la fonction documentaire
• l'augmentation des moyens alloués à la communication (+0,135 M€)
• 0,188 M€ pour les accueils de chercheurs dans le cadre des collaborations privilégiées avec nos partenaires scientifiques, notamment européens.

Les **moyens généraux de l'établissement** (fonctions support : directions du siège, services d'appui des centres, informatique, action sociale) se voient attribuer **138 M€ (19% du budget)**. Les principales mesures nouvelles sont :
• en matière d'action sociale, +1,25 M€ pour assurer la mise en place du chèque emploi-service (CESU), des mesures en faveur de l'insertion des personnels handicapés (FIPHFP) et l'augmentation du coût de la restauration collective
• au titre des moyens des SDAR, +0,468 M€, pour couvrir des dépenses en hausse de nettoyage des locaux et de fluides ainsi que l'augmentation des redevances versées aux écoles sous tutelle du ministère chargé de l'Agriculture
• la mise à niveau du financement des opérations relevant de l'entretien lourd du patrimoine collectif afin de permettre la mise aux normes des installations (risques environnementaux notamment) +1,17 M€.



Le budget pour 2007 ouvre 30 M€ de crédits de paiement pour les **opérations d'investissement programmé**, opérations immobilières nouvelles (26 M€) et investissement dans le système d'information (4 M€ de crédits de paiement en diminution de 17%).

Nicolas Vannieuwenhuyze,
directeur de la Direction du Financement et de l'Administration générale



©Collection Philippe Brugnon.
Affiches de campagne.
Le rural et ses images 1860-1960.
Exposition au Conservatoire de l'agriculture-Le Compa, Chartres, jusqu'en 2008.


Photo : ©INRA

Disparitions

Jean-Pierre Deffontaines

Quelques éléments de biographie

Jean-Pierre Deffontaines est né en 1933 dans le Jura. Pierre Deffontaines, son père, est un grand géographe. Sa famille se partage entre la France et le Brésil puis s'installe en Catalogne. Jean-Pierre Deffontaines est assistant à la Chaire d'Agriculture de l'INA de 1961 à 1965. Il y rencontre Stéphane Hénin qui réalise l'improbable alliage de la science agronomique la plus pointue et de la présence la plus engagée sur le terrain du développement. En 1966, il est docteur en géographie puis en 1984 directeur de recherches à l'INRA. Il devient responsable du laboratoire Versailles-Dijon-Mirecourt du département pluridisciplinaire Systèmes agraires et Développement, créé en 1979 à l'INRA. Dans les années 70, il est membre des comités scientifiques de la DGRST et depuis 1982 du comité de rédaction de la revue *Natures Sciences Sociétés*. Jean-Pierre Deffontaines disparaît le 25 octobre 2006.

•••

Jean-Pierre Deffontaines éprouve [...] une véritable passion pour la lecture du paysage, [...] au gré des points de vue nouveaux que sait trouver cet observateur infatigable. L'immensité plate de la Pampa et le défilement continu des images lui fournissent ainsi l'occasion de s'interroger sur les modèles visuels de l'activité agricole et sur la nature du paysage. Du parcours en TGV de Paris à Marseille, banal pour la plupart d'entre nous, il fait une nouvelle expérience sensible du paysage, dont il rend compte à travers d'admirables "croquis à grande vitesse". L'abolition du relief ou l'accélération du déplacement font de la Pampa ou du TGV des moyens de varier notre perception et d'élargir notre conception du paysage, tout comme le furent les photos aériennes, puis les images satellitaires. [...]

•••

Chemin faisant

À quoi ça sert ? Cette question, il se l'entendra poser mille fois, y compris au sein de sa propre communauté. *Vous nous emmerdez avec les 2 CV, alors qu'on en est aux Maserati !* proteste l'un des ingénieurs de l'équipe, frustré par cette distance vis-à-vis de la grande aventure de l'intensification. Une autre fois, c'est le chef du département d'Économie de l'INRA, à qui il demande un soutien, qui lui fait la réponse suivante : *Deffontaines, on commencera à s'intéresser à vous lorsque vous descendrez en dessous de 600 mètres.*

C'est son livre *Petit guide de l'observation du paysage* que la direction générale a offert pour le 60e anniversaire de l'Institut à tous ceux qui travaillent à l'INRA.

Plutôt que de demander à quelqu'un de parler de lui, nous avons préféré reprendre quelques-uns de ses propres textes et deux sculptures en bois, autre passion du paysage.

Interview du 13 mars 2006

CE QUE L'AGRONOME RECHERCHE DANS UN PAYSAGE ? La trace des hommes. Plus particulièrement ceux qui ont une activité agricole ou forestière. Où est l'homme ? Qu'est-ce qu'il a fait dans le passé ? Que fait-il

aujourd'hui ? L'agronome traque les empreintes de l'homme agriculteur : les terrasses, les murs, les clôtures, les barrières, les fossés, le bâti, la mosaïque des parcelles, leur contenu, la façon concrète dont les agriculteurs mettent en œuvre leurs techniques...
Il observe. Il scrute le terrain. Il déniche dans le territoire les indices d'une agriculture locale.

Les traces du passé sont-elles encore utiles aujourd'hui ou sont-elles devenues des contraintes ?

L'agronome cherche à comprendre. Aujourd'hui, il élargit sa vision et ses interrogations à l'échelle du panorama. C'est vrai, prendre en compte le paysage pour répondre à des questions d'agronomie est assez récent. Il a fallu compléter l'observation de la parcelle et se rapprocher de la démarche géographique. Le changement d'échelle replace les activités agricoles dans leur contexte économique et social. Le paysage ne répond pas à tout mais c'est une bonne ouverture vers le bien collectif et territorial. L'agriculture, fondée sur le vivant, transforme le paysage. Elle introduit dans le paysage des objets comme des haies, des arbres, des cultures, des animaux, des bâtis... Il ne faut pas oublier que près de 60% de la surface de notre pays est occupée par l'agriculture, et 28% par les forêts. L'agronome interroge hier et aujourd'hui pour prévoir demain. Il met en relief les changements de pratiques car le métier même d'agriculteur évolue. Au départ, c'était pour produire des biens alimentaires, aujourd'hui, c'est plus complexe. Il doit aussi fournir un environnement de qualité, des fonctions d'accueil et la traçabilité des biens alimentaires. Le paysage porte la trace d'une société en pleine évolution. L'agronome lui fait raconter son histoire...



Pavillon de banlieue

Saint Léger, dans la forêt de Rambouillet, à proximité des habitations, une parcelle vient d'être déboisée. Un bois m'attire, le long d'un tronc couché, sans doute du peuplier tremble; mauvais bois blanc et tendre, à fibres longues. Comment ça se taille? A la verticale ça ferait une drôle de maison toute en hauteur. Le bois dort dans un coin du balcon. Combien de temps, un an peut-être. Un samedi matin, je l'emmène à l'atelier, sans idée particulière sinon celle de la drôle de maison en hauteur. Sur le vieux massicot industriel qui me sert d'établi, l'extrémité effilée du bois me fait penser au toit d'une petite maison. Je m'occupe de la maison, elle apparaît simple, sans prétention, elle a un air bonhomme, familier, presque tendre; elle me surprend, m'attire, pas pour y habiter mais pour y accéder. Il faut la mériter; un escalier ou un chemin en lacets ? Le zigzag va mieux avec le style de la maison. Surprise ! Je peux polir légèrement la façade de la maison. Du coup le matériau chante et diffère de l'étroite colline au faîte de laquelle elle est perchée. Ca lui donne une certaine dignité; elle devient un peu sanctuaire, difficile à atteindre, un lieu pour la solitude. Le bois revient sur le balcon mais il ne supporte plus d'être couché. Je plante un vieux et long clou forgé, venant du grenier de Cusance, à l'arrière du bois, comme support. Il rejoint les autres sur le piano. Quelques mois, et un jour de belle lumière, je la mets sur le rebord éclairé du balcon. Elle se détache sur les toits des pavillons de Chaville. Je la prends en photo et je lui donne le titre de «Pavillon de banlieue». Elle a perdu, au moins par le titre donné, son caractère de lieu de contemplation; mais c'est plus drôle et ça égaye la banlieue.

Jean-Pierre Deffontaines

Les sentiers d'un géoagronome*, quelques extraits

• Trois histoires de mots

Je voulais dire quelques mots
Sur la vie des mots,
plus particulièrement de quelques mots
[...] Qu'en est-il de trois mots qui ont balisé et balisent encore mon sentier de recherche ?
[...]Trois mots commençant par P que je veux interroger : **Potentialités** Pratiques Paysage

Dans les années 60, dans le monde des agronomes, le mot Potentialités, dans le sens d'une qualification des terrains, était absent. En 1965, il apparaît pour remplacer et éliminer le mot vocation (vocation des terrains). C'est Stéphane Hénin qui engage la lutte. Je le suis. Il n'y a pas de vocation, il n'y a que des potentialités et il n'y a de potentialités qu'en relation avec des usages et des usagers.
Pendant quelques années j'emprunte le mot, il est stimulant, moteur et porteur.
Il faut consolider son contenu par l'observation et la mesure.
Il faut quantifier, formaliser, communiquer.
Il faut le comparer à fertilité, aptitude, capability, suitability.
Il faut le traduire, le mettre à l'épreuve à différentes échelles de temps et d'espace.

Et puis voilà ! Au moment où l'on pense détenir l'arme absolue, le mot vous glisse entre les doigts. Il enfle et se répand. Les significations se multiplient et s'entremêlent. C'est la confusion.
Le mot devient lourd, gênant, gluant.
Vous prenez de la distance. Mais il ne vous lâche pas.
Il vous colle à la peau.
L'étiquette résiste, vous êtes prisonnier du mot.
Que faire !
Une solution. Réveiller et chevaucher un nouveau mot : c'est le mot pratiques qui va lentement émerger.

*** Lire**

• *Les sentiers d'un géoagronome*, Jean-Pierre Deffontaines, éd. Arguments, 1998, 360 p.
• *Pays, Paysans, Paysages dans les Vosges du Sud*, ouvrage collectif, 1977, 201 p., 2e éd., 1995.
• *Archorales* tome 10, octobre 2004, 280 p. Entretien avec Jean-Pierre Deffontaines.

Sculpture de Jean-Pierre Deffontaines. *Paysage avec terrasses.*

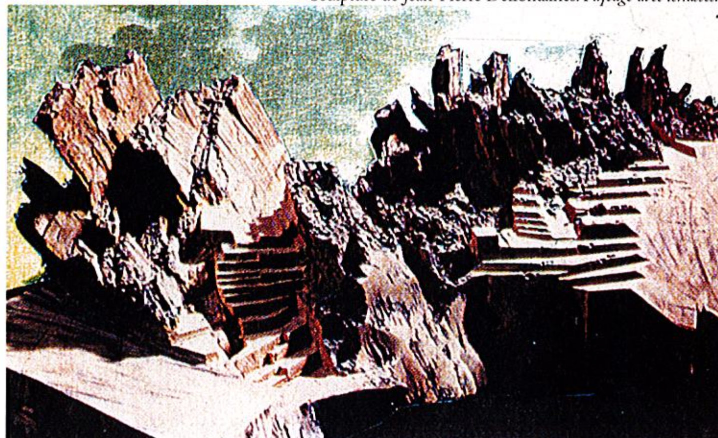


Photo : ©M. Maroni et B. Deffontaines

[Tout cela est un peu trop clair pour être exact mais il y a du vrai !]

Si l'on vit suffisamment longtemps, on a quelques chances d'être présent pour un second réveil du même mot.
Pour potentialités le moment est venu pour un autre cycle.
Les nouvelles fonctions de l'agriculture
les nouveaux usagers
les nouveaux espaces à gérer
vont obliger les agronomes à de nouvelles désignations des terrains.
Il me semble que le mot potentialités va s'imposer comme terme générique aux multi-usages.
Il va reprendre du service.
On va y contribuer.



Photo : ©OPIE - Hervé Guyot

Paon du jour.

Le mot **Pratiques**, dans le sens de pratiques agricoles, ce n'est pas pareil.
Apparu dans les années 70, il reste réservé, en retrait et pourtant demeure, encore aujourd'hui, un référent de nos recherches.
Il s'enrichit avec le temps,
il se précise,
il interroge,
mais il ne rentre pas dans le cycle infernal.

Le mot s'impose quand, avec Teissier et Bonnemaire, on observe ce que font des éleveurs. Comment qualifier de "techniques" la façon dont les éleveurs du Népal, du Pérou et de l'Aubrac engagent la traite par une tétée du veau, rapidement attaché à la patte avant de la mère ? À quelles rubriques rattacher les conduites des troupeaux de chèvres dans un maquis haut de Corse ?

L'emprunt se fait aux ethnologues, à Leroi-Gourhan, à Parain, à Haudricourt.
Le mot chemine sans esbroufe.
Il s'accouple à système, en Corse d'abord.
Il est le point d'appui d'une collaboration dans la durée avec le berger André Leroy.
Il s'agit de comprendre et de modéliser une pratique pastorale et de tester les effets de mesures diverses.
Le mot s'associe à trésorerie, à gestion territoriale et à gestion technique.
Il désigne une clé efficace d'analyse des systèmes techniques.
Le mot nous interroge encore aujourd'hui.
À qui s'applique-t-il, par exemple dans une approche régionale des systèmes techniques et que désigne-t-il dans le cadre de systèmes multipilotés ?
Voilà un mot discret et fidèle qui a la vie dure.

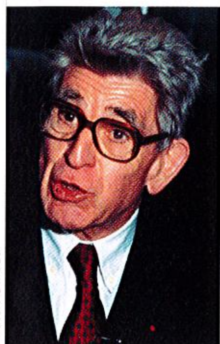
Enfin, le mot **Paysage**.
C'est un mot bien tranquille, ignoré de l'INRA depuis toujours. Plus ! Il est mal-traité.
S'y intéresser c'est du journalisme, de la poésie, au mieux de la géographie, mais il n'est pas dangereux.
Il peut agrémenter du trecking universitaire.
Et puis surprise ! Voilà qu'après vingt ans de "paysagisme utilitaire" (comme dit Sautter) et paisible, le mot s'emballe brusquement.
Il est partout, désigne tout ; l'état de la publicité, de la science, de la politique.
Il est entré dans la machine à casser le sens et à fabriquer du vague.
Il est dans tous les programmes et dans toutes les réponses aux appels d'offres.
C'est malheureux car c'est une mine ce mot.
Regarder pour comprendre, il y a de quoi faire !
Pas de paysage sans regard. Beaucoup ne partagent plus ce point de vue !
Il sert à analyser les pratiques d'aujourd'hui et d'hier, car il est mémoire.
Il sert également à segmenter les pays, à distinguer les terroirs.
Associé aux images d'en haut il révèle des organisations.
Bref il pose plus de questions qu'il n'en résout, mais il en pose de bonnes.
Alors que faire ?
À dire que l'on travaille sur le paysage la réaction est assurée : "Vous cherchez quoi au juste ?" comme dirait Douzou [1].
Et bien malgré les expériences du passé, malgré l'entrée du mot dans une phase critique,
je crois qu'il faut tenir un sens dans le brouhaha mais aussi être attentif aux interrelations nouvelles.
Pour moi l'axe reste : regarder pour comprendre, mais il faut y associer comprendre pour répondre aux nouvelles exigences du regard.

Voilà donc trois mots
Trois histoires de mots
Une histoire de vie

Jean-Pierre Deffontaines
15 mars 1995

[1] Pierre Douzou, président de l'INRA de 1989 à 1990.

Pierre Bouvarel


Photo : ©INRA

Pierre Bouvarel a joué un rôle capital dans l'organisation de la recherche forestière au moment où celle-ci a été transférée à l'INRA en 1964. Il a longtemps présidé aux destinées du département des Recherches forestières dont il a été le véritable créateur. L'autonomie et le développement des recherches forestières à l'INRA lui doivent beaucoup. Il est décédé le 8 novembre dernier.

Voici quelques extraits de son témoignage recueilli le 8 novembre 1995 par Denis Poupardin dans le tome 3 d'*Archorales*.

... J'ai commencé à sélectionner des épicéas dans les Vosges et le Jura... Nous circulions en forêt avec des fiches et choisissions les arbres qui nous paraissaient les plus beaux au regard de divers critères. Ces critères peuvent aujourd'hui apparaître assez grossiers ; c'était ceux qu'utilisaient aussi les Suédois à cette époque. Je me souviens être allé dans le Jura où il y avait de très beaux épicéas, avec un des acheteurs de la maison Pleyel qui recherchait des bois de résonance. Avec un petit maillet, il tapait sur les troncs et écoutait les sons qu'ils pouvaient rendre. Les arbres sélectionnés étaient marqués de jaune et numérotés. Leurs caractéristiques étaient examinées à l'œil nu ou à la jumelle et notées avec soin. Les mesures concernaient la hauteur totale, celle du fût élagué, la circonférence. Un sondage à la tarière de Pressler permettait d'estimer l'âge.

... La station de recherche de Bordeaux, créée pendant la guerre, effectuait déjà une sélection sur les pins maritimes. [...] À l'époque, la forêt landaise n'était pas encore destinée à la production de bois d'œuvre et de bois de papeterie. Elle était, en effet, aménagée d'abord pour la gemme. La sélection portait donc sur les pins, bons producteurs de cette gemme. Tout un système complexe avait été mis au point pour les détecter. Mais, au cours des années cinquante, l'objectif économique de la forêt landaise est passé de la gemme au papier et au bois, le marché de l'une périclitant, la reconstruction favorisant les autres. La sélection pour la gemme fut abandonnée, celle pour la production de bois mise en route. Cet exemple illustre bien la difficulté de la programmation en recherche forestière.

Les techniques de clonage étaient déjà bien au point lorsque vous avez commencé à vous intéresser à la sélection des arbres forestiers ?

Pas du tout ! Les multiplications végétatives étaient effectuées par des horticulteurs, mais seulement sur certains conifères qui se greffaient facilement, comme les tuyas ou les chamaecyparis. Pour les grandes espèces forestières, il a fallu mettre au point des techniques adéquates. Nous n'avons rien publié à ce sujet parce qu'on ne publiait guère à l'époque. Mais nous avions un taux de réussite des greffages qu'on serait peut-être bien en peine d'obtenir aujourd'hui. Quand on prend un arbre très jeune, sa capacité à reprendre de greffes ou de boutures est importante. Mais, passée la phase juvénile, elle tend à se réduire beaucoup. Nous avons réussi pourtant à faire des multiplications végétatives de greffons, prélevés sur des arbres de plusieurs centaines d'années, ce qui était alors un exploit, et le reste encore aujourd'hui.


Photo : Daniel Renou

Comment faisiez-vous pour aller chercher ces greffons au faîte des arbres ?

Il ne fallait pas les récolter au début de l'hiver de peur qu'ils ne se dessèchent, ni trop tardivement au départ de la végétation. Il convenait de les prélever en février-mars, à une époque où dans les régions de montagne, le temps n'est pas toujours beau et où il est souvent périlleux de monter sur les arbres. Les idées les plus saugrenues ont été imaginées dans ce but. On a pensé un moment avoir recours à des ballons captifs (mais les traîner d'un arbre à l'autre restait problématique) ou à des "*bicyclettes à arbre*", munies de crampons enserrant les troncs (mais cette technique, efficace pour monter sur des poteaux télégraphiques ou des peupliers bien élagués, s'est révélée inapplicable sur des arbres branchus). On a imaginé également une arbalète qui lançait une flèche au bout de laquelle était accroché un fil relié à une corde permettant à des grimpeurs de se hisser. P. Turpin qui était pince-sans-rire avait eu, un jour, une autre idée. Il avait trouvé un article d'un botaniste hollandais qui avait utilisé des singes pour se procurer à Bornéo des échan-

Vous pourrez lire la suite dans son témoignage : le "traumatisme" du rattachement à l'INRA, l'intégration des entomologistes INRA au département Forêt, le passage de la recherche à son administration, le maintien du caractère pluridisciplinaire du département Forêt, la naissance des centres de Champenoux et d'Orléans, les relations avec l'ONF, le CNRS, l'université..., l'enseignement à l'École forestière, la production de plants *in vitro*, forêts naturelles et artificielles, les méfaits des théories génétiques de Lyssenko, le rôle de la génétique... [...]

www.inra.fr/intranet/Produits/WEBTEXTO/DOCUM/archoral/t3bouvar.pdf

tillons végétaux, à la cime des arbres. Ayant interrogé le professeur Urbain, un spécialiste des singes au Muséum, sur les espoirs à mettre dans cette technique, il avait reçu de lui une réponse : l'idée à laquelle il avait songé était, sans doute, fort ingénieuse, mais il devait y renoncer ; les singes de Bornéo étaient certes dressables à la récolte d'échantillons mais bien incapables de supporter longtemps les climats rigoureux de notre pays, les singes en mesure de les supporter étaient plus farouches et enclins à s'enfuir, sitôt mis en liberté. Heureusement Michel Lemoine a réussi à mettre au point avec un ferronnier de Nancy, des échelles légères en duralumin, comportant des éléments emboîtables de 3 mètres encore utilisées de nos jours. Restait à trouver des grimpeurs, jeunes pour être suffisamment agiles, mais pas trop imprudents pour éviter les accidents. Heureusement les tests que Marcel Aubert a fait passer aux candidats, ont été suffisamment sélectifs pour qu'il n'y ait jamais eu d'accidents graves à déplorer...

Gardiez-vous, à l'époque, un œil sur les expériences de même nature qui avaient cours dans les pays étrangers ? J'avais eu l'occasion d'effectuer, au début des années cinquante, un long séjour aux États-Unis (mission payée sur des crédits alloués dans le cadre du plan Marshall). Je m'étais rendu notamment en Californie, dans la sierra Nevada, où j'avais eu l'occasion de visiter, à Placerville, le premier institut de génétique forestière. J'avais rencontré, au milieu d'une vaste forêt de *Pinus ponderosa* et *Pinus Jeffreyi*, des chercheurs fort sympathiques. Ils avaient pris une autre voie que la nôtre, celle de l'hybridation. Ils montaient dans les arbres et mettaient du pollen sur les fleurs femelles avec des seringues, avant de les ensacher. Ils espéraient obtenir ainsi un certain hétérosis. Je crois qu'à cette époque tout le monde tâtonnait un peu. Ce que je sais, c'est que les discussions que j'ai eues là-bas ont beaucoup nourri mes réflexions. J'y ai rencontré, en effet, des gens qui entrevoyaient les voies dans lesquelles allait s'engager plus tard la génétique moderne. J'avais visité également l'est des États-Unis et la Floride où j'avais été sidéré, à l'époque, par la virulence des démonstrations du Ku-klux-klan. [...]

Comment s'est opéré le passage de la recherche forestière à l'INRA ? Au début des années soixante, les jeunes de la station de recherche et ceux qui faisaient de l'enseignement à l'École forestière (comme Marcel Jacamon qui était l'adjoint de René Rol) éprouvaient le désir de secouer un peu les choses. Trouvant souvent trop pesante la tutelle administrative des Eaux et Forêts, ils aspiraient également à des contacts plus larges avec les autres chercheurs. Ils avaient réfléchi, à cette époque, à divers projets d'institut de recherche et d'enseignement forestier, liés encore à l'Administration mais accordant à la recherche plus d'indépendance. Le nom de l'INRA commençait toutefois à revenir de plus en plus souvent dans les conversations. Personnellement, je n'avais guère entendu parler jusque-là de cet organisme. Un jour de juin 1962, alors que j'étais dans une maison forestière du plateau des Glières pour sélectionner des épicéas, j'ai reçu un télégramme signé d'un Monsieur Bustarret m'avisant qu'il désirait me rencontrer. Je lui ai téléphoné et nous avons pris rendez-vous. Le jour convenu, je suis allé le voir : il était assis à son bureau avec sa pipe. Après quelques mots de bienvenue, il m'a annoncé que le ministère de l'Agriculture avait décidé que la recherche forestière et hydrobiologique passerait bientôt à l'INRA. Il m'a demandé si j'accepterais d'aider Gustave Drouineau à réaliser cette opération. Je lui ai fait remarquer que je n'avais alors guère que 40 ans et assez peu d'expérience. Il m'a répondu qu'il tenait surtout à travailler avec des jeunes. Rassuré sur ses intentions, je lui ai donné finalement mon accord et c'est à partir de là que les choses se sont progressivement enclenchées. Jean Bustarret, Charles Thibault et Gustave Drouineau sont venus à Nancy discuter avec les patrons, puis avec les plus jeunes. Les négociations ont abouti finalement, en 1964, au rattachement à l'INRA de la recherche forestière et de l'hydrobiologie. [...]

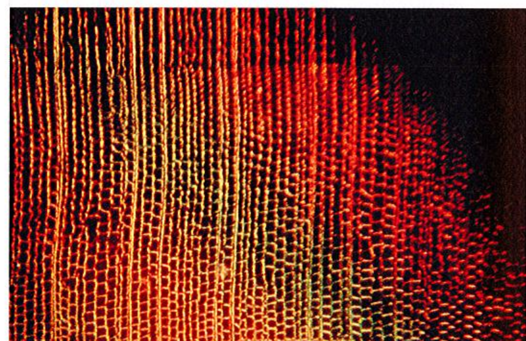


Photo : Voicita Bucur

Recherches sur la qualité des fibres de bois *Abies alba* (section transversale x 30) pour le son.

Comment concevez-vous l'exercice du métier de chercheur ? Quelles qualités réclame-t-il le plus, à votre avis ? ... Un chercheur était d'abord pour moi un homme qui trouvait du plaisir à faire ce qu'il faisait. Si un métier lui apparaissait assommant, la moindre des choses qu'on pouvait attendre de lui était qu'il en change. Il m'arrive de rencontrer parfois des jeunes qui viennent me demander conseil sur ce qu'ils doivent faire. Le seul conseil que je peux leur donner est d'abord de faire ce qui leur plaît. Inutile qu'ils s'interrogent si, dans les années à venir, ils trouveront ou non de la place correspondant à leur type de formation. Ils ont toute chance de se tromper ! Mais s'ils décident de faire réellement ce qui leur plaît, ils seront assurés de bien le faire et auront la satisfaction de ne pas s'être ennuyés durant toute leur vie ! Dans le métier de chercheur, il y a une dimension ludique qui doit rester toujours présente. Ceux qui l'exercent doivent s'attacher à découvrir une énigme. Ils doivent avoir à la fois un esprit curieux, de l'imagination et de la rigueur et ne pas craindre d'être parfois un peu iconoclastes.

Manifestations

Journées Animaliers en Poitou-Charentes

Après Tours, Clermont puis Rennes, les quatrièmes journées animaliers auront lieu les 10 et 11 octobre 2007 en Charente-Maritime. Elles sont organisées par les animaliers du centre Poitou-Charentes. Elles rassembleront pendant deux jours en résidentiel environ un tiers des Animaliers de l'INRA. L'objectif général est de :

• favoriser et consolider une identité de métier d'animalier

• constituer un lieu et un espace de mise en débat pour les animaliers pour approcher et s'approprier collectivement les dimensions et les enjeux propres à leur métier et à leur organisation dans l'Institut.

Des informations sur l'organisation de ces journées seront communiquées régulièrement par le comité d'organisation sur le site Inranimalier Poitou-Charentes : www.inra.fr/intranet-inranimalier.

Armelle Pérennès,
Chargée de communication
INRA Poitou-Charentes









Photos : Odile Bernard

Joël Ballet présente à Clermont-Theix (septembre 2006) le travail de chiens de berger avec des oies.

Atelier • comptes-rendus

Modélisation de la pédogenèse

• **Workshop on the modelling of pedogenesis,** organisé par l'unité INRA de Science du Sol d'Orléans et l'ISTO (Institut des Sciences de la Terre d'Orléans), UMR CNRS/université, 2-4 octobre 2006

Pourquoi un tel workshop ?

Le thème du workshop portait sur la modélisation de la pédogenèse. En effet les sols constituent une ressource non renouvelable qu'il est urgent de protéger afin d'assurer sur le long terme les fonctions qu'ils remplissent. Or, les sols évoluent en permanence sous l'action des flux d'énergie et de matière. La protection à long terme des sols nécessite donc de pouvoir prédire leur évolution suite à toute modification de ces flux. Cette prédiction passe par une bonne connaissance des évolutions pédogénétiques naturelles sur le long terme, de leur cinétique d'évolution à plus court terme et par une modélisation de ces évolutions. Deux sessions ont été organisées, l'une concernant des travaux de modélisation sur la formation des sols à partir du matériau parental (long terme), l'autre concernait la modélisation de l'évolution d'un sol déjà en place sous l'influence de changements climatiques ou du mode d'occupation des sols par l'homme (court terme). Jusqu'à présent peu de tentatives de modélisation de la pédogenèse existent. Nous avons eu ici l'occasion de rassembler les approches émergeant dans la communauté de Science du Sol ainsi que celles venant d'autres communautés scientifiques. Les avantages et inconvénients de ces approches ont été discutés afin d'en évaluer leur éventuelle adaptation à la problématique de la pédogenèse. Le workshop a permis d'amener différentes conclusions en matière de modélisation de la pédogenèse.

Qui était présent ?

Le workshop a permis de rassembler 58 scientifiques, venant de 9 pays différents (Algérie, Allemagne, Australie, Belgique, Brésil, Canada, États-Unis, France et Iran), et de 9 domaines scientifiques différents (figure). Ce workshop a été un lieu de rencontre bénéficiant de la richesse des apports scientifiques de différentes communautés. De fructueuses discussions ont pu s'établir entre elles.

Principales conclusions

Les principales conclusions s'articulent autour de quatre points.

Les processus les mieux représentés par la modélisation concernent les compartiments géochimiques et physiques. Néanmoins le lessivage n'est pas pris en compte dans les modélisations actuelles. Les processus biologiques, *i.e.* évolution des matières organiques, bioturbation, recyclage biogéochimique, ne sont que très peu représentés. Ces processus d'ordre biologique induisent pourtant des réactions chimiques hors des équilibres thermodynamiques que l'on rencontre souvent dans les sols. Il est donc important de pouvoir en tenir compte et de les intégrer dans les modélisations actuelles. Outre la modélisation des processus individuels, il est très important de poursuivre les travaux sur les rétroactions qu'ils entraînent. En effet, la modélisation de la pédogenèse nécessite d'intégrer les phénomènes de rétroactions entre les phases solides et liquides tant en ce qui concerne l'évolution de la composition chimique des phases que celle de leurs propriétés physiques. Par exemple la précipitation d'une phase minérale induit une évolution de l'organisation de la phase solide qui se répercute ensuite en terme de propriétés de transfert. Celles-ci à leur tour favoriseront la dissolution ou la précipitation d'autres phases minérales. Les modèles présentés lors du workshop peuvent être séparés en deux grandes familles reposant soit sur une hypothèse d'équilibre ou sur des équations déterministes non linéaires.

Des présentations des différents types de modélisation, il est ressorti un questionnement sur l'élaboration des modèles de pédogenèse. Trois philosophies se distinguent :

• bâtir un modèle "universel" à base mécaniste

• adopter plutôt une approche réductionniste

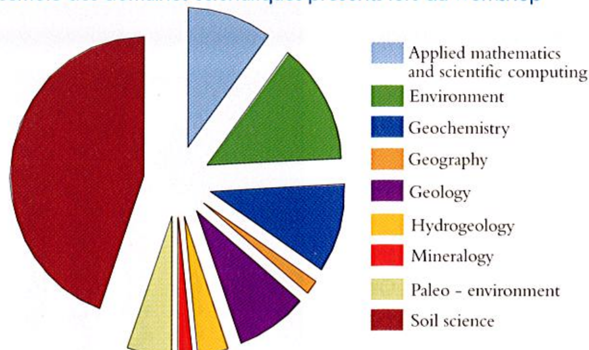
• inclure des approches stochastiques.

Les deux premières approches sous-entendent d'avoir hiérarchisé et quantifié les principaux processus de la pédogenèse. Un des inconvénients majeurs de la première approche réside dans la détermination d'un grand nombre de paramètres nécessaires à l'utilisation du modèle.

La deuxième approche sous-entend que seuls les principaux processus seront pris en compte. Cette approche perd la fonctionnalité de généricité de la modélisation, pouvant à l'extrême se réduire à l'étude d'un cas bien spécifique.

La modélisation numérique est un outil cognitif dans la mesure où il permet de vérifier si les hypothèses de fonctionnement mises en œuvre permettent de retranscrire la réalité. Il est important de mener de front les approches de modélisation, les observations au champ et les expérimentations au laboratoire. C'est par cet aller-retour modèle/expérience/observation que les difficultés liées à la modélisation des processus, au paramétrage, et à la validation pourront être levées.

Ensemble des domaines scientifiques présents lors du workshop



Les retombées du workshop

L'idée de fonder un groupe international de réflexion sur la problématique de la pédogenèse a été abordée. Celui-ci pourrait permettre de favoriser les échanges et les collaborations entre communautés à l'échelle internationale, par le biais de création d'écoles chercheurs, et de nouvelles rencontres sur le même principe dans deux ou trois ans afin de faire un nouveau point sur cette thématique. Une synthèse en français dans *Étude et Gestion des Sols* ainsi qu'une communication aux prochaines *Journées Nationales d'Étude des Sols* (Angers, avril 2007) sont en cours d'élaboration. Enfin la possibilité de réaliser un numéro spécial portant sur la thématique est en cours de négociation avec la revue internationale *Geoderma*.

Anatja Samouëlian, Sophie Cornu,
Science du Sol, Orléans

Prix

• **Arnaud Reynaud**, chargé de recherche INRA à l'université des Sciences Sociales à Toulouse a reçu le prix de Quality of Research Discovery Award 2006 de l'American Agricultural Economic Association (AAEA) pour l'article "Estimating Intertemporal Preferences for Natural Resource Allocation" publié dans l'*American Journal of Agricultural Economics* en novembre 2005.

Ses thèmes de Recherche

• Gestion de la ressource en eau - Analyse des demandes, régulation des services, gestion intégrée
• Économie agricole - Modèles de désagrégation, couplage de modèles biophysiques et économiques
• Économétrie appliquée à l'environnement - Régulation et efficacité des firmes, données de panel
• Risques et ressources naturelles - Estimation des préférences pour le risque, PDS.

• **Un chercheur de l'INRA, Hervé Vaucheret, reçoit la médaille d'argent du CNRS**

Le 30 janvier 2007, Hervé Vaucheret, directeur de recherche à l'INRA, a reçu la médaille d'argent 2005 du CNRS lors d'une cérémonie organisée à l'INRA de Versailles. Ce prix distingue un chercheur pour son originalité, la qualité et l'importance de ses travaux reconnus sur le plan national et international.
Hervé Vaucheret, 44 ans, a été recruté à l'INRA en 1989. C'est en étudiant la régulation des ARN messagers de la nitrate-réductase chez les plantes qu'il met en évidence un phénomène d'interférence surprenant : l'extinction de l'expression d'un gène en présence d'un transgène homologue.
Communiqué de presse du 30 janvier 2007
Contact : Hervé Vaucheret, Versailles-Grignon

• **Laure Mamy**
a reçu le prix Phytopharma 2006 de la meilleure thèse sur une thématique liée aux produits phytosanitaires.
Ses travaux ont notamment permis d'évaluer l'impact dans l'environnement de la modification des pratiques de désherbage liées à l'introduction de plantes génétiquement modifiées résistantes à des herbicides à large spectre tel le glyphosate.
Ce prix, attribué par le Groupe français des pesticides et la société Bayer CropScience, récompense la meilleure thèse en langue française soutenue pendant les années 2004 et 2005 sur une thématique relevant des produits phytosanitaires.
La thèse ainsi récompensée a été réalisée à l'unité "Environnement et Grandes Cultures" de l'INRA de Versailles-Grignon, sous la direction de Enrique Barriuso, directeur de recherche à l'INRA, et de Benoît Gabrielle, chargé de recherche à l'INRA. Elle a été cofinancée par une bourse de l'INRA et du Cetiom. Ces travaux s'inscrivaient dans le cadre d'un programme de recherche INRA sur les OGM et l'environnement et d'un programme du CNRS sur les impacts des biotechnologies dans les agro-écosystèmes.
Contacts : Laure Mamy [1,2], Enrique Barriuso [1], Benoît Gabrielle [1]

[1] Unité "Environnement et Grandes Cultures", INRA Versailles-Grignon.
[2] Adresse actuelle : unité "Physico-chimie et écotoxicologie des sols d'agrosystèmes contaminés", INRA Versailles-Grignon.

Intégrale dans le site web de l'INRA dont est responsable Nicole Ladet
www.inra.fr/la_science_et_vous/dossiers_scientifiques/ogm

Évaluation

• **Création de l'Agence d'évaluation de la recherche et de l'enseignement supérieur**

Décret n°2006-1334 du 3 novembre 2006 de l'AERES. Voir également dans le Contrat d'objectifs de l'INRA. Mise en œuvre des orientations 2006-2009 : Objectif 8 : Conforter les procédures d'évaluation et leurs conséquences au service du pilotage de l'institut dans le cadre de la refonte du dispositif national.

Nominations

• **Délégation à l'Évaluation**

À compter du 1er janvier 2007, **Elisabeth de Turckheim** est prorogée dans ses fonctions de directrice pour quatre ans

Départements

• **Biologie Végétale**

À compter du 1er juillet 2006 et jusqu'au 28 février 2009, **Bernard Teyssendier de la Serve** est renouvelé dans ses fonctions de chef de département adjoint.

• **Génétique Animale**

À compter du 15 octobre 2006, **Francis Minvielle** est prorogé dans ses fonctions de chef de département adjoint pour quatre ans.

• **Santé des Plantes et Environnement**

À compter du 16 octobre 2006, **Olivier Le Gall** est nommé chef de département et **Jean-Yves Rasplus** chef de département adjoint pour quatre ans.
À compter du 1er janvier 2007, **Christian Boucher** et **Didier Andrivon** sont nommés chefs de département adjoints pour quatre ans.

Centres et délégations régionales

• **Clermont-Ferrand-Theix et Délégation Régionale Rhône-Alpes**

À compter du 1er janvier 2007, **Yvonne Couteaudier** est nommée déléguée régionale pour la région Rhône-Alpes, pour une durée de quatre ans.

• **Lille et Délégation Régionale Picardie**

À compter du 1er janvier 2007, **Ghislain Gosse** est prorogé dans ses fonctions de président du centre et délégué régional pour deux ans.

• **Nancy et Délégation Régionale Lorraine**

À compter du 4 novembre 2006, **Frédéric Lapeyrie** est prorogé dans ses fonctions de président du centre et délégué régional pour quatre ans.

• **Rennes**

À compter du 1er novembre 2006, **Jean-Pierre Delage** est nommé directeur des Services d'Appui pour quatre ans.

• **Versailles - Grignon**

À compter du 1er janvier 2007 et jusqu'au 31 mars 2007, **Yves Chupeau** est prorogé dans ses fonctions de président du centre.

Quand la préservation d'archives précieuses rencontre des soucis de prévention





Photo : ©OPIE - Hervé Guyot

Nos remerciements à Hervé Guyot de l'OPIE, pour nous avoir communiqué ces images.

Que faire d'une collection de 46 boîtes de papillons exotiques rares donnée à l'INRA de Bordeaux dans les années 1900 lorsque celles-ci contiennent un produit cancérigène, la créosote, utilisée classiquement par les entomologistes de l'époque pour conserver les insectes, transformant ainsi ces merveilleuses créatures en "poison". Considérée actuellement comme "produits dangereux" dans une logique réglementaire, cette collection a failli disparaître dans des containers appropriés. Par chance, ces papillons ont pu en réchapper grâce à un observateur/ connaisseur, sensible à une autre logique, celle de la conservation du patrimoine.
Comment résoudre un tel dilemme ?
Une solution, faire don de ces papillons au Muséum d'Histoire naturelle de Bordeaux pour lequel les rendre inoffensifs est une activité familière. Voici l'un de ces rescapés, *Actias Maenas* de la famille des *Saturniidae* (papillon mâle).
Cette petite histoire est aussi un appel à chacun sur la nécessité d'être attentif à préserver des témoignages du temps passé, parfois encombrants : documents, instruments, collections...

Jean-Claude Meymerit, Chargé de Communication, Bordeaux-Aquitaine



Original de Robert Rousso.

Faire connaître

Exposition

• **Affiches de campagnes. Le rural et ses images 1860-1960,** du 20 octobre 2006, Le Compa, Chartres, conservatoire de l'agriculture, www.lecompa.com
Les affiches que le Compa expose sont celles de Philippe Brugnon, collection unique. Elle propose de regarder et d'analyser les profondes mutations du monde agricole durant un siècle (1860-1960). Ces affiches, signées ou anonymes, témoignent des stratégies des grands fabricants de matériels agricoles, des évolutions des produits, des avantages techniques à la ferme, de l'arrivée de l'agriculture dans l'économie de marché, de la place du paysan au milieu des crises et des changements politiques. En plus d'une histoire rurale, c'est aussi une histoire de l'affiche, véritable art populaire ; on y découvre l'évolution des techniques et des courants artistiques...



©Collection Philippe Brugnon - affiche réalisée par René vincent, vers 1925



©Collection Philippe Brugnon - affiche réalisée par Eric Coulon, 1930



©Collection Philippe Brugnon - affiche réalisée par Paul Mohr, 1924

Notes de lecture

La vie sans programme

« Pour aucun d'entre nous, il n'est indifférent de considérer les organismes vivants comme des machines conditionnées par un programme génétique ou comme des systèmes autodéterminés. Cette alternative pose les termes mêmes et les enjeux individuels de la mutation qui se dessine aujourd'hui en biologie. Elle nous renvoie bien sûr au sens de notre biographie individuelle. S'il était admis que tout est programmé, pourquoi donner tant de prix à l'éducation, à la formation, à la création, au progrès enfin ? Pourquoi le gène de l'analphabétisme ne côtoierait-il pas le présumé gène du cancer X ?
Au nombre des questions multiples qui se posent à nous se trouvent celles qui concernent notre activité de recherche, notre quotidien de techniciens, ingénieurs et chercheurs. Que nous traitions d'êtres vivants particuliers - micro-organismes, plantes, animaux - ou en interaction avec l'environnement, le monde rural et les sociétés humaines, nous sommes tous confrontés à la prodigieuse cohérence de ces ensembles organisés - le monstre, le mutant n'en recevant que plus d'attention, comme s'il agissait d'une doublure de la nature ordonnée, son inséparable contraire.
Une question qui revient toujours, et à nouveau, est comment le tout tient-il ensemble (ce que j'appellerais aussi "intégrité") ? Plus ou moins directement héritée de la thèse biblique du divin architecte, le "plan" de construction semble avoir inspiré durablement les interprétations des biologistes. À l'ère de l'horloge (révolution corpernicienne), la machine apparaît comme le prototype même de la notion de plan. Par nature, la machine est dotée de forces efficientes, agissantes : le mécanisme semble donc à même de rendre compte de l'entraînement du tout selon un processus ordonné, telle une horloge cosmique.
À l'ère de la cybernétique, le prototype du plan devient le programme. Mais à la différence de la machine, le programme n'est pas une efficience mais une information, il ne peut agir sur les phénomènes mais contient les "cotes" de leur exécution : un plan d'architecte n'a jamais construit une maison. On confronte ici l'un des paradoxes des schémas biologiques accordant une signification opératoire aux flèches qui vont de morceaux d'ADN à des fonctions, comme la reproduction : il manque entre les deux les interprètes des instructions supposées contenues dans les gènes ou encore les exécutants instruits des édifications à réaliser.
Si l'on ne veut pas recourir à d'hypothétiques exécutants encore à découvrir, alors ces morceaux d'ADN et éventuellement leurs corollaires protéiques doivent être regardés comme des paramètres dans une équation de forces d'action, d'interaction et de dynamique. Si l'ADN participe à la formation de l'individu, les autres constituants de l'organisme ou de son environnement sont tout aussi déterminants : il n'y a pas un programme génétique inscrit dans l'ADN et plus ou moins "modelé" par le reste. Si l'on considère une rangée de cartes qui s'affaissent l'une après l'autre, après que la première soit tombée, nul ne songera à parler de mécanisme ou de programme : on aura plutôt recours à l'idée de cascade - du reste fort commune pour expliquer des régulations en chaîne dans le métabolisme - ou encore d'effet boule de neige. On touche ici à la notion d'auto-organisation, non pas

comme un processus dégagé des lois naturelles, mais comme une totalité de principes d'action physico-chimiques ayant pouvoir d'exécution autonome.
La biologie contemporaine est appelée à se reconstruire autour de l'idée d'auto-organisation. La question devient de comprendre comment l'ensemble, le tout s'articule et s'organise. C'est celle qui est argumentée dans cet ouvrage par des chercheurs d'horizons scientifiques différents : la biologie végétale, la biologie animale, la modélisation dynamique et la physique. Fondées sur des expériences originales, leurs conclusions et leurs analyses convergent. Vivre, c'est avant tout varier, ressource fondamentale de différenciation et d'adaptation. Mue par ses propres capacités physico-chimiques et dynamiques, la matière vivante s'organise et se complexifie, spontanément. Le plan, s'il en est un, est constitutif de la matière vivante. Il se trouve non pas dans un constituant particulier mais distribué sur la totalité en interaction : une intégrité.
Cette esquisse ouvre la porte à de nouvelles approches où la nature vivante peut être reconsidérée sans ses attributs mal taillés de machine et de programme. Il s'agit, dans les pages de cet ouvrage, avant tout d'organismes vivants, et les questions abordées ne manqueront pas d'interroger chacun d'entre nous à la fois dans son identité propre et dans son rapport d'expérimentateur avec les phénomènes biologiques, environnementaux ou sociaux étudiés.
Pour porter ces réflexions vers le plus grand nombre, ce livre - préfacé par Isabelle Stengers et Pierre Sonigo - comporte un glossaire commenté, couvrant une trentaine de notions-clés, allant de l'adaptation à la variabilité. La plupart de ces termes nous sont familiers mais leurs significations peuvent être extrêmement contrastées selon le contexte où ils sont utilisés. Du programme à l'auto-organisation le chemin linguistique paraît bien souvent beaucoup plus court qu'il ne l'est en réalité si l'on veut comprendre ce retournement profond de notre façon de penser le vivant. ”

• **Génétiquement indéterminé : le vivant auto-organisé,** coordinatrice éditoriale Sylvie Pouteau, avec les contributions de Nissim Gérard Amzallag, Vincent Fleury, Michel Laurent, Andràs Paldi, préface de Isabelle Stengers et Pierre Sonigo, éd. Quae, 174 pages, janvier 2007, 30€.

Sylvie Pouteau,
Laboratoire de Biologie Cellulaire, Versailles

La Bourgogne et ses vins

“ La Bourgogne est connue pour ses vins prestigieux auxquels est associé un folklore de confréries aux allures moyenâgeuses. On pourrait croire que cette culture bachique et gastronomique reproduit une longue tradition. Il n'en est rien ! Gilles Laferté, sociologue à l'INRA de Dijon, date ces rites de l'entre-deux guerres. Analysant, de manière concrète et illustrée, l'histoire sociale de cette période, il montre que ces rites sont nés de la convergence d'intérêts entre une élite viticole locale et le monde politique, économique et culturel national. En effet, alors que le marché viticole traversait une crise depuis le début du siècle, les élites modernistes bourguignonnes trouvent une échappatoire dans un marketing traditionaliste qui valorise les terroirs comme source de différenciation commerciale. Cette stratégie se traduit par l'émergence des appellations contrôlées. La lutte contre les fraudes, et le coupage des vins en particulier, a, à ce titre, pesé en faveur de la réglementation sous forme d'appellations d'origine. Cette stratégie sert les grands propriétaires au détriment des négociants en vins qui, au début du siècle, détenaient le marché bourguignon du vin.
Quant aux confréries bachiques qui voient le jour à cette époque, elles auraient joué le rôle de lieux gastronomiques où se noue l'alliance entre les élites locales et nationales, sur fond de développement du tourisme régional. Évènement révélateur de cette "*image d'origine contrôlée*", l'exposition internationale de 1937 institutionnalise le folklore du professionnalisme viticole bourguignon en le mettant en scène dans l'architecture et dans les panneaux publicitaires qui parent la maison de la Bourgogne.
Aussi curieux que cela puisse paraître, cette reformulation folklorique de l'image régionale a été très efficace. Le marketing viticole traditionnaliste a fait florès jusqu'à aujourd'hui. Et au-delà, l'ensemble de la population revendique le patrimoine de ce folklore viticole prestigieux, comme en témoigne le site Internet de la région Bourgogne par lequel l'auteur entame son périple dans la Bourgogne "*vineuse*".
En abordant toute une palette d'approches intégrant l'histoire de quelques grandes familles, l'économie via le poids des fraudes dans la construction des AOC, les motivations sociologiques du tourisme gastronomique ou encore les planches d'architectes qui illustrent le chapitre sur l'exposition internationale de 1937... l'investigation que nous propose Gilles Laferté gagne en audace pour le plaisir du lecteur sensible à la vitalité et à la liberté du propos. ”

• **La Bourgogne et ses vins. Image d'origine contrôlée,** Gilles Laferté, Éd. Belin, 2006, 320 p., 22€.

Catherine Donnars,
Mission Communication, Paris

Colloques

Organisés par l'INRA ou auxquels participent des intervenants INRA

Nous ne signalons ici que les colloques dont l'annonce nous a été demandée. Vous pouvez également consulter les annonces colloques de *Presse Info* et sur le web INRA "Toute l'actualité" Manifestations et colloques : www.inra.fr/toute_l_actu/manifestations_et_colloques

• **37e congrès du groupe français des Pesticides,** Bordeaux, du 21 au 23 mai 2007.
Pesticides : aspects généraux • L'emploi des produits phytosanitaires dans une perspective de développement durable : réduction des apports, méthodes alternatives.
Contacts : Guy Soulas, UMR Œnologie, université Victor Segalen, Bordeaux 2, 351 cours de la Libération, 33405 Talence cedex ou Jean François Narbonne, LPTC, ISTAB, avenue des Facultés, 33405 Talence cedex
Groupe Français des Pesticides : www.gfpesticides.org

• **Graines 2007,** Angers, organisé par l'INRA et l'INH, 7 et 8 juin 2007.
1er colloque national du réseau français de biologie des graines, sous l'égide de SFBV organisé par l'UMR Physiologie moléculaire des Semences. Le Pôle végétal spécialisé : Recherche, enseignement supérieur et entreprises constituent ce pôle de compétitivité, reconnu à vocation mondiale par le CIADT du 12 juillet 2005. Ce pôle compte : 25 000 emplois dans les cultures spécialisées, 500 chercheurs, enseignants, ingénieurs et techniciens, 2 500 dans les établissements de Valcampus.
www.angers.inra.fr www.inh.fr
www.univ-angers.fr www.valcampus.fr
Contact : graines2007@angers.inra.fr
www.angers.inra.fr/graines2007

• **Qualité alimentaire, une issue basée sur la science moléculaire,** Paris, du 29 au 31 août 2007. Conférence en anglais
Contact : Anna Bousquet, Eurofins - CSA
3 rue des Clotais 91160 Champlan
Tél. 01 69 10 12 95. Fax. 01 69 10 13 01.
annabousquet@eurofins.com
www.eurofoodchem14.info

Nouveautés

Revues

• **Les dossiers de l'environnement de l'INRA,** n°30, diffusé aux Éditions Quae (tél. 01 30 83 34 06 • serviceclients-quae@versailles.inra.fr), 2006, 90 p., 26€. (5€ de port) www.inra.fr/dpenv LeCourrier@paris.inra.fr
• **Quelles variétés et semences pour des agricultures paysannes durables ?**
Tel était le thème du 2e séminaire organisé en mai 2005 à Angers, dans le cadre de la Convention qui lie l'INRA et la Confédération paysanne. Ce dossier réunit les contributions des paysans et des chercheurs (biologistes, généticiens, agronomes, économistes, historiens des sciences...) à ce séminaire qui fut l'occasion d'échanges et de débats riches et intenses sur une question d'apparence simple mais lourde d'enjeux à la fois techniques, économiques et sociétaux. De nombreuses questions ont été abordées, telles la biodiversité, la réduction des intrants, la sélection participative avec des exemples suisse et brésilien, les critères et les méthodes d'évaluation et de sélection, les processus d'innovation. Cette confrontation des approches et des pratiques des chercheurs et des paysans a permis de favoriser une meilleure appréhension de la complémentarité des savoirs des uns et des autres, mais aussi d'identifier des questions d'intérêt commun à approfondir.
Sommaire : Problématique générale • Éléments de diagnostic • Systèmes économes en intrants/Sélection participative • Comptes rendus des ateliers.

• **Le Cahier des Techniques de l'INRA, numéro spécial**
Le comité de publication du Cahier des Techniques de l'INRA édite, en complément des parutions régulières, des numéros thématiques. Ce deuxième numéro spécial est consacré aux **"Méthodes et outils pour l'observation et l'évaluation des milieux forestiers, prairiaux et aquatiques".**

éditions Quæ

Initié par Marc Bonnet-Masimbert [1], cet ouvrage est le fruit d'une idée qui a émergé des discussions qui ont suivi l'école technique intitulée "Expérimentation en forêt : des dispositifs classiques aux sites ateliers" (Nancy, octobre 2004) et organisée par le département Écologie des Forêts, Prairies et Milieux aquatiques. Ce numéro présente des outils et des méthodes développés ou utilisés pour l'observation des milieux sur lesquels travaillent les équipes du département. Les personnels techniques sont les principaux auteurs ; au-delà des informations concrètes utilisables par d'autres équipes, cet ouvrage est l'occasion d'une clarification méthodologique, d'une mise en mémoire de nos savoir-faire. Des collègues du département Sciences pour l'Action et le Développement et du CIRAD ont également participé à cet ouvrage [2].

Nous espérons que ce document constituera une contribution originale et fédératrice pour tous ceux qui travaillent à l'observation des milieux naturels, et qu'il sera apprécié tant à l'intérieur de l'INRA que par nos partenaires impliqués dans ces domaines. Il est également téléchargeable à partir du site de l'INRA : www.inra.fr/intranet/Produits/cahiers-des-techniques/

Marie Huyez-Levrat
Responsable du Cahier des Techniques de l'INRA

[1] Chef de département adjoint du département EFPA

[2] Nous remercions, Marc Bonnet-Masimbert qui l'a initié, Michel Bariteau, chef de département adjoint du département EFPA, qui en a assuré la responsabilité scientifique, le comité de lecture et les auteurs qui se sont investis dans cette réalisation. Nous remercions également la Formation Permanente Nationale partie prenante de cette initiative et qui a financé des ateliers d'accompagnement à la rédaction de ces articles.

• **Productions animales,** vol. 19, INRA Éd., (1 an/5 n°s : 68€) www.inra.fr/productions-animales

n°3 juillet 2006, numéro spécial, 64 p., 16€ : Hormones et promoteurs de croissance.

n°4 octobre 2006, numéro spécial, 84 p., 16€ : Mitochondries et biologie du muscle.

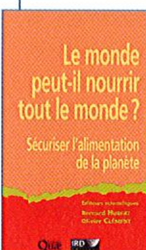
• **Agricultures. Cahiers d'études et de recherches francophones,** vol. 15, n°5, 72 p., sept.-oct. 2006, Éd. John Libbey Eurotext, 25€ (Nord) 15€ (Sud), (6 n°s par an : 73€) www.john-libbey-eurotext.fr

Faut-il libéraliser l'agriculture mondiale ? • La forêt protégée de Kakamega



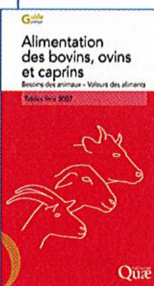
• **Petit guide de l'observation du paysage,** Jean-Pierre Deffontaines, Jean Ritter, Benoit Deffontaines, Denis Michaud, coll. Guide pratique, 2006, 32 p., 17€.

Si le paysage est visible par tous, sa lecture suppose une attention particulière. Ce petit guide est un compagnon de l'observateur pour lui suggérer quelques repères qui sont autant de points de passage dans son itinéraire d'observation. Les auteurs de ce guide, un géologue, un botaniste, un agronome et un enseignant agriculteur, ont croisé leurs savoirs et associé leurs compétences. Ce livre a été offert à tout l'INRA pour le 60e anniversaire.



• **Le monde peut-il nourrir tout le monde ? Sécuriser l'alimentation de la planète,** Bernard Hubert, Olivier Clément, coéd. Quae-IRD, 2006, 164 p., 17€.

Pour rendre compte du fait alimentaire dans sa dimension globale et dans toute sa complexité, cet ouvrage collectif ouvre la réflexion à divers champs disciplinaires. Économistes, sociologues, anthropologues, géographes, nutritionnistes et écologues y décrivent l'alimentation comme un fait structurant des sociétés que les crises alimentaires contribuent à déstabiliser, tant au Sud qu'au Nord. La mise en œuvre d'une véritable politique alimentaire y apparaît comme un des volets indispensables à la cohérence des politiques agricoles et agro-alimentaires, afin de satisfaire les besoins des quelque neuf milliards d'hommes qui pourraient peupler notre planète en 2050.

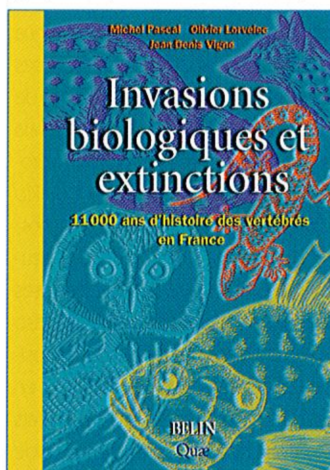


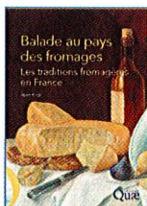
• **Alimentation des bovins, ovins et caprins. Besoins des animaux - Valeurs des aliments.** Tables INRA 2007, ouvrage collectif, coll. Guide pratique, 2007, 330 p., 17€.

Mise à jour des Tables rouges publiées par l'INRA en 1988, ce livre actualise les recommandations alimentaires pour les bovins, ovins et caprins, à partir des acquis récents de la recherche en matière de nutrition des ruminants. Parce que "raisonner l'alimentation" nécessite une bonne connaissance de la composition chimique et de la valeur alimentaire des fourrages ainsi que des matières premières utilisées dans les rations, cet ouvrage fournit des tables très complètes de la valeur des aliments destinés aux ruminants. Elles sont accompagnées d'un cédérom qui permet une recherche aisée des 50 critères qui composent la valeur nutritionnelle des 1250 fourrages et 200 aliments concentrés présentés.

• **Invasions biologiques et extinctions.** 11000 ans d'histoire des vertébrés en France, Michel Pascal, Olivier Lorvelec, Jean-Denis Vigne, co-éditeur Belin, 2006, 352 p., 34€.

Quand l'aurochs ou le cheval à l'état sauvage se sont-ils éteints ? Quelle est l'histoire du lynx pardelle, l'une des nombreuses espèces disparues de notre territoire ? Depuis quand et comment l'oie cendrée et le loup gris sont-ils de retour en France ? Pourquoi considère-t-on la mouette rieuse et le renard roux comme des espèces à la fois autochtones et allochtones ("invasives") ? Une synthèse inédite des connaissances disponibles sur l'évolution de la faune des vertébrés de France métropolitaine au cours des derniers millénaires.

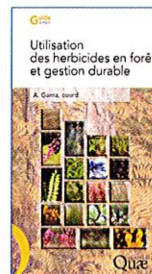




• **Balade au pays des fromages.** Les traditions fromagères en France, Jean Froc, 2007, 262 p., 28€.

Bien connaître les fromages, c'est comprendre leurs modes d'élaboration, connaître leurs origines ou les raisons d'une telle diversité d'aspects, de formes et de saveurs. L'auteur nous propose une lecture nouvelle de la fromagerie française. Une analyse de la taille, de la masse et de la technique en fonction des milieux de production (montagne, plaine) est mise en relation avec le "jeu social", principal facteur de diversité. Cette démarche s'articule autour d'une typologie originale qui assure un classement objectif des fromages. Elle s'ouvre sur la présentation de 150 fromages sélectionnés selon ces critères.

L'ouvrage apporte un éclairage historique et fourmille d'anecdotes et de conseils (conservation, service, dégustation...) qui, ajoutés à quelques recettes, passionneront le plus grand nombre.

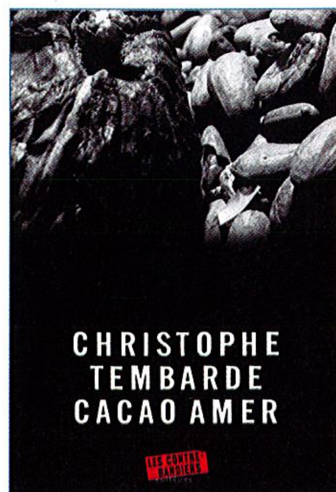


• **Utilisation des herbicides en forêt et gestion durable,** Yann Dumas, Henri Frochot, Antoine Gama, coll. Guide pratique, 2007, 320 p., 36€.

Lors de la phase de régénération, les gestionnaires forestiers sont souvent confrontés aux questions suivantes. Faut-il intervenir ? Pour contrôler quels végétaux ? À quel stade ? Avec quels outils ? Comment les mettre en œuvre ? Quelles seront les conséquences de l'intervention ? Les auteurs répondent sans *a priori* en proposant une synthèse des connaissances scientifiques associée à un manuel de mise en œuvre des herbicides réglementairement utilisables. Ce guide pratique s'adresse aux gestionnaires forestiers et à tous les publics qui peuvent être amenés à s'intéresser aux problèmes d'interférences entre les essences forestières et la végétation ambiante.

• **Cacao amer,** Christophe Tembarde, Éd. Les Contrebandiers, 2006, 240 p., 15€.

Un roman policier avec, pour toile de fond, l'Afrique et une plantation de cacao. L'Afrique : une aubaine pour Maurice qui rêve d'un nouveau départ dans la vie. Fuir la routine, gagner de l'argent, goûter à la langueur sensuelle des tropiques... Mais à Gabara, la chaleur est lourde et les premiers contacts sont déroutants. Et le pire est à craindre quand les ouvriers de la plantation meurent dans des conditions inquiétantes. Maurice va alors se lancer dans une enquête périlleuse. Heureusement, il pourra compter sur l'aide de la troublante Anna...



entre deux futurs immédiats : destruction annoncée ou gestion concertée ? • Régénération des pâturages naturels en région sahélienne par le labour et l'ensemencement d'*Alysicarpus ovalifolius* • Effets des acteurs environnementaux sur le poids des grains dans cinq populations algériennes de blé dur • Risques de stress hydrique sur les cultures dans les *Cerrados* brésiliens. Du zonage régional à l'analyse des risques à l'échelle des exploitations familiales • Influence métabolique du CO_2 atmosphérique sur la tomate cultivée en milieu saumâtre • Limitation des populations de ravageur de l'olivier par le recours à la lutte biologique par conservation.

• **Insectes. Les cahiers de liaison de l'OPIE,** 7,6€ (Abonnement de 4 n°s : 30€, étranger : 35€) www.INRA.fr/OPIE-Insectes/pa.htm

n°142, 3ème trimestre 2006, 40 p. : Voyages au pays des fourmis • Une cigale sabulicole et buveuse d'eau : un "scoop" entomologique ! • *Serratella ignita* : un petit Éphéméroptère très répandu • Conte d'hiver • Pesticides et mortalité des Abeilles domestiques • Parlez-vous entomo ? Sphinx • Fiche technique d'élevage : l'élevage du Ver de farine géant *Zophobas morio* • Un insecte à la page - l'agrile et le campeur • Des fourmis plus petites qu'un chien mais plus grandes qu'un renard • Les pucerons 2e partie • Regard sur la protection des insectes - Comment repérer les espèces menacées ? • Sur les écrans : les insectes pris dans la toile.

n°143, 4e trimestre 2006, 40 p. : La découverte du frelon asiatique, *Vespa velutina*, en France • La sauterelle de la basilique de Vézelay • La mesure des impacts de certaines activités humaines sur les invertébrés • Les puces du chien et du chat • La Double-Mouche du pare-brise • Le temps des insectes • Faune entomologique des rosiers • Les zones humides du Morvan : des milieux à haute valeur patrimoniale pour les Lépidoptères • Cigale • Les Thrips • Clichés d'insectes.

• **Sécheresse. Science et Changements Planétaires,** 2006, John Libbey Eurotext, 42€ www.john-libbey-eurotext.fr

vol. 17, n°3, 70 p., juillet-août-septembre 2006 : La valorisation agricole de l'eau des lacs collinaires : cas du lac collinaire Kamech (Tunisie) • Fluctuations climatiques et dynamique de l'occupation de l'espace dans la commune de Ain El Hadjar (Saïda, Algérie) • Diversité des exploitations agricoles en région semi-aride algérienne • Toxicité comparée des extraits de trois plantes acridifuges sur les larves du cinquième stade et sur les adultes de *Schistocerca gregaria Forskal* • Propositions d'aménagement du sous-bassin-versant de l'oued Fergoug (Algérie) fragilisé par des épisodes de sécheresse et soumis à l'érosion hydrique • Évaluation du risque potentiel d'érosion dans le bassin-versant de l'oued Srou (Maroc) • Identification de zones de recharge induite d'aquifères à l'aide d'un Système d'information géographique : cas de la nappe de Chaffar (Sud-Est tunisien) • Variabilité hydroclimatique dans les bassins-versants du Haut Atlas de Marrakech (Maroc).

vol. 17, n°4, 74 p. : Analyse des déficits hydriques dans l'État de Chihuahua (Mexique) • Caractérisation, à diverses échelles de temps, des séquences de sécheresse dans l'État de Chihuahua • Caractérisation de la sécheresse hydrologique dans le bassin-versant du Río Conchos (état de Chihuahua) • Diagnostic de l'état de dégradation des peuplements de quatre espèces ligneuses en zone soudanienne du Burkina Faso • Évolution saisonnière de la composition foliaire de *Stipa tenacissima* L. en lipides totaux et en acides gras • Effets du stress hydrique appliqué au stade trois feuilles sur le rendement en grains de dix variétés de blé cultivées au Maroc oriental • Adaptation des variétés de blé dur *(Triticum durum Desf.)* au climat semi-aride.

• **La Garance Voyageuse,** revue du monde végétal, 7,5€ (4 n°s/an 26€) garance@wanadoo.fr ou www.garance.voyageuse.org

n°75, automne 2006, 50 p. : La feuille • La classification • Herboristerie

n°76, hiver 2006, 66 p. : Plantes et poisons.

• **La hulotte. Petits mystères des grands bois,** n°88, 2005, 40 p., www.lahulotte.fr (abonnement de 6 n°s : 17€).

Livres

• **Sept histoires de recherche agronomique en Anjou,** Cristiana Oghina-Pavie, co-produit par l'INRA, 2006, 64 p., 8 €.

Extraits de "Le désir de comprendre" par l'auteur

[...] Comment peut-on comprendre la recherche si l'on est un parfait ignorant de la science ? J'ai voulu, dans ce livre, donner un élément de réponse : ces sept histoires restituent ce que j'ai compris en écoutant les chercheurs. Non pas sur les sujets de recherche, mais sur le devenir des programmes de recherche, sur la démarche scientifique, sur la façon dont la connaissance se construit et se finalise au centre INRA d'Angers. Treize personnes ont répondu à mes questions. J'aurais pu interroger 10, 15 ou 210 personnes. D'aucune de ces rencontres, mon ignorance n'est sortie indemne. Tous ont pris le temps, ce bien précieux du chercheur, de m'expliquer le contenu de leurs recherches, d'éclater de rire devant mes questions naïves, de chercher des mots simples, de me démontrer que le dialogue et la compréhension sont possibles. Chacun a accepté de résumer des dizaines d'années de travail en quelques dizaines de minutes. Au cours de ces récits condensés, ils ont formulé des réflexions sur le rôle et le conditionnement social de la recherche agronomique publique, sur le métier de chercheur, sur la relation avec la nature, sur beaucoup d'autres sujets qui se trouvent au cœur même de leur travail [...] *Cristiana Oghina-Pavie*

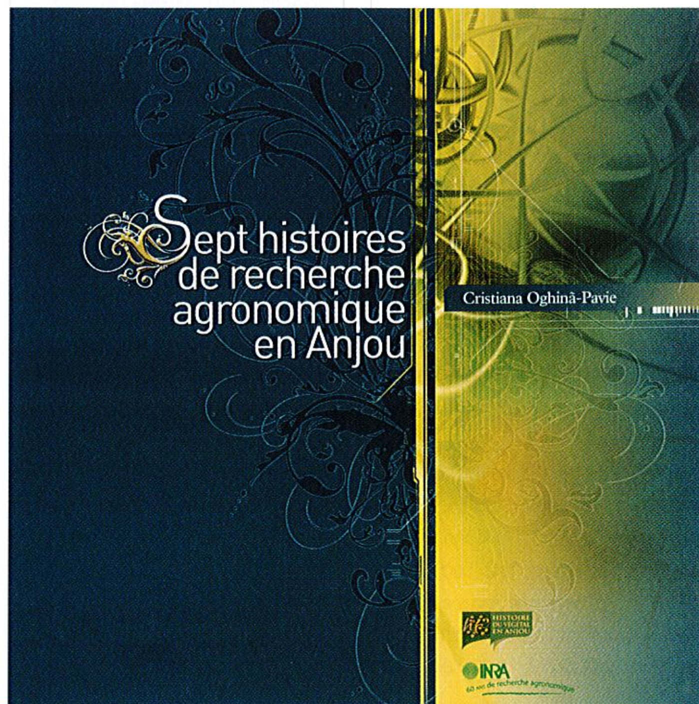
Sommaire : préface par Jean Boiffin • Substrats de culture, culture des substrats • Exploits de graines Succès médiatique d'une découverte scientifique • Les terroirs viticoles Construction d'une méthode scientifique • Création de variétés ornementales Histoire d'un dialogue florissant entre la recherche et les entreprises • Du verger aux molécules La recherche sur le feu bactérien • Parcours exploratoire d'une scientifique au milieu des bactéries • Le temps des fruits • Le désir de comprendre.

• **Biodiversité, un nouveau regard. Refonder la recherche agronomique,** Bernard Chevassus-au-Louis, diffusée par Les leçons inaugurales du groupe ESA (École supérieure d'agriculture d'Angers, 2006, 106 p. tél. 02 41 23 55 55. www.groupe-esa.com/

Quel message souhaitez-vous transmettre aux étudiants qui rentrent dans le plus grand groupe d'enseignement français en agriculture, alimentation, environnement et développement rural ? Tel est le défi que pose chaque année le Groupe ESA à une personnalité à qui il demande de prononcer sa "leçon inaugurale". En 2006, l'invité était Bernard Chevassus-au-Louis, chercheur qui depuis le début des années 90 a été directeur général, président ou vice-président de très grands organismes ou comités de réflexion : INRA, Muséum d'histoire naturelle, Centre national d'études des vétérinaires et agro-alimentaires, Agence française de sécurité sanitaire des aliments, Commission de génie biomoléculaire... Il a choisi de tirer les leçons de son expérience très diverse en invitant son auditoire à changer radicalement de regard sur deux problématiques fondamentales du XXIe siècle.

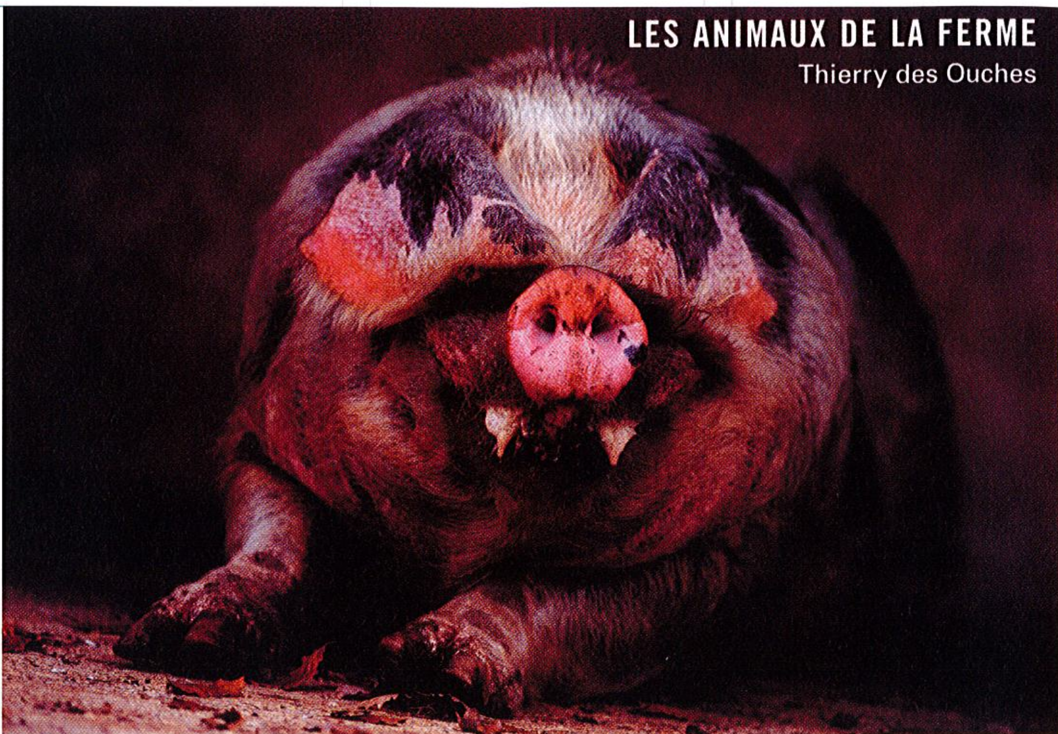
• **La biodiversité,** absolument immense, fort complexe, si fragilisée, et beaucoup plus utile que nous le soupçonnions, est en mouvement vers un nouvel équilibre dont le sens nous sera simplement... vital.

• **La recherche agronomique,** plus utile que jamais à l'heure où nous devons relever le défi de nourrir bientôt 9 milliards d'habitants avec des ressources beaucoup plus rares, a besoin d'une véritable refondation. Elle se doit de recon-



sidérer radicalement ses rapports avec la Société, pour élaborer un nouveau système de production de connaissance, et avec les sciences sociales et écologiques, pour trouver de nouvelles marges de progrès.

• **Les animaux de la Ferme,** Thierry des Ouches, Alain Raveneau, éd. Du Chêne, octobre 2006, 45,50€.
Ce livre existe avec 3 couvertures vache/cochon/poules.
Multiplicité des silhouettes, détail d'une robe, couleur chatoyante d'un pelage, splendeur d'un plumage, des couleurs, des formes, des toisons, des crêtes... Thierry des Ouches a photographié dans leur cadre naturel, plus de 150 espèces, "à sa manière", avec un regard sensible et original. Pour chacun une fiche descriptive et détaillée est établie par Alain Raveneau. En regard, il a exposé 52 photographies géantes sur ce thème à l'esplanade des Invalides



• **Récits de recherche partenariale pour l'ingénierie de l'agriculture et de l'environnement,** 2006, 124 p., 19€. richement illustrés, www.cemagref.fr/presse
Cet ouvrage propose un voyage à travers 25 ans de recherches sur le développement durable : des enjeux de société qui font notre quotidien, tels que les risques naturels, les déchets, les paysages, les innovations technologiques ont explosé ces dernières années.
• On y découvre comment, pour y répondre, la recherche s'est remise en question : interdisciplinarité, changement d'échelle, anticipation des scénarios, évaluation des retombées de ses propres résultats, négociation avec les acteurs de terrains...
• Les scientifiques racontent et donnent à voir les connaissances, les découvertes, les avancées qui réconcilient développement et respect de l'environnement. Ces récits permettent de porter un nouveau regard sur son cadre de vie.

• **Les bases de l'agriculture,** Philippe Prévost, 3e édition, éd. Tec & Doc Lavoisier, 2006, 290 p., 40€.
Sommaire : Introduction. L'agriculture durable, une activité entre nature, industrie et culture. Les territoires de l'agriculture. Le monde agricole aujourd'hui. L'exploitation agricole : son approche globale. La parcelle cultivée. La plante cultivée : un matériel végétal. La plante cultivée dans son environnement. La conduite d'une culture. Devenir d'un produit végétal. Annexes. Glossaire.

• **Éditions Le Pommier, Les Petites Pommes du Savoir,** 64 p., 4,50€.
• Comment pousse un arbre ? Bernard Thibéaut.

Cédérom

• **La Garance voyageuse.** Un cédérom pour mes 18 ans, 35€.
Sommaire : les numéros 20 à 39 de la revue en haute qualité, un moteur de recherche multicritères (article, auteur mot-clé, année, numéro), la petite histoire de l'association avec projection d'un diaporama, des liens directs pour nous joindre, nous lire, nous écrire et commander sur le site web.
Commande : www.garancevoyageuse.org
tél. 04 66 45 94 10 mél. garance@wanadoo.fr

En ligne

• **Un "nouveau" conseil scientifique de l'INRA...**
Le conseil scientifique de l'INRA, dont presque tous les membres ont été renouvelés, a débuté une nouvelle mandature de quatre ans avec une première réunion à Paris, le 6 février. Il est présidé par Jacques Samarut dont le mandat a été renouvelé. Ce conseil, comme le précédent, aura à travailler sur les aspects structurants et fonctionnels de l'organisme touchant directement à son activité de recherche et devra jouer un rôle moteur dans la réflexion prospective scientifique.

Le conseil aura aussi un rôle important dans la réflexion sur le positionnement de l'INRA dans le dispositif de recherche français et européen. En effet, les nouvelles structurations de la recherche en France et en Europe impliquent la création de sites concentrés de recherche. Elles amèneront certainement l'INRA à définir son positionnement dans ces nouveaux dispositifs. Par ses recommandations et ses conseils, le Conseil Scientifique devra garantir le rôle moteur de l'INRA dans la recherche agronomique européenne.

À partir du 1er mars, vous trouverez toutes les informations sur les travaux du Conseil scientifique sur le site totalement rénové dont l'adresse est : www.inra.fr/conseil-scientifique

Pascaline Garnot,
secrétariat du Conseil scientifique de l'INRA

• **La lettre électronique "En direct des labos"** version anglaise
Cette lettre de l'INRA envoyée tous les deux mois à plus de 2000 professionnels francophones est maintenant disponible en anglais. Cette nouvelle version s'adresse à toutes les entreprises européennes désireuses de s'informer sur les activités de l'INRA (résultats de recherches, opportunités de collaboration, projets européens, création d'entreprise, création de variétés...). Elle est produite et diffusée par la délégation au partenariat avec les entreprises (DISI/DPE), en collaboration avec la Darese, les départements, la Micom, l'UCPI, et les filiales Agri Obtentions et INRA Transfert. Cet outil a pour ambition de vous aider dans la recherche de partenaires européens de type "entreprises", en diffusant vos offres.
D'après Intercom n°145
www.international.inra.fr/live_from_the_labs
Inscription : www.international.inra.fr/partnership/subscription
Contact : Anne Perraut
Anne.Perraut@rennes.inra.fr (INRA/DPE)

• **Notre quotidien expliqué par la science : partagez nos connaissances, découvrez nos fiches pratiques.**
Mieux connaître la diversité des microorganismes qui nous entourent :
• tout savoir sur le monde microbien, en explorer quelques aspects dans notre vie quotidienne,
• tout connaître sur les aliments fermentés et plus particulièrement le pain, le yaourt, le fromage et le vinaigre.
• aborder les microorganismes potentiellement néfastes en s'intéressant à la conservation des aliments et plus particulièrement la conservation par le sucre avec les confitures ou par le vinaigre avec les cornichons.
Explorer les pratiques culinaires et les gestes familiers, acquis par l'habitude ou par le développement empirique de la cuisine, pour les expliquer du point de vue physique et chimique en s'intéressant à la gastronomie moléculaire.
www.inra.fr/la_science_et_vous/apprendre_experimenter

INRA mensuel
Journal interne, automne 2006
n°128 et fin

Édito · Éléments de réflexion

3 Après 25 ans, c'est le **dernier numéro** de notre revue, avec l'envie de proposer quelques éléments de réflexion. *INRA mensuel* a été construit à partir d'engagements et de convictions concernant la démarche de recherche, la recherche agronomique, l'INRA et la communication, développés dans ce numéro. Il n'a eu de sens que fondé sur les travaux de recherche et leur expression, dans leur complexité, leur culture... par ceux qui en sont les auteurs : personnes, équipes au sens large. *Denise Grail, Frédérique Chabrol, Pascale Inzerillo.*

Actualités scientifiques

8 **Décryptage du génome de la bactérie *Streptomyces ambofaciens* : échanges d'information génétique aux extrémités du chromosome linéaire**
Les *Streptomyces* appartiennent à la très variée et très abondante communauté bactérienne du sol, particulièrement intéressantes parce qu'elles développent des mécanismes très actifs d'échanges de gènes : elles répondent aux changements environnementaux par une grande flexibilité de leur programme d'expression génétique mais également par une capacité spectaculaire à générer de la diversité. Ces bactéries sont également d'une grande importance économique, biomédicale, agronomique ou biotechnologique. Le séquençage partiel du génome de la bactérie *S. ambofaciens* a été entrepris en la comparant à deux autres afin de mieux connaître l'évolution de ce génome et les mécanismes du transfert horizontal. Le flux de gènes s'est révélé être accru dans les régions terminales des chromosomes de cette bactérie, caractère qui jouerait un rôle majeur dans leur adaptation aux modifications du sol. Ce décryptage a permis d'identifier de nouveaux gènes présentant un intérêt potentiel dans les bio-industries. *Pierre Leblond*, Nancy.

10 **Un caractère d'hypertrophie musculaire, le gène "culard", décodé chez le mouton**
Chez les ovins, comme dans d'autres espèces, il existe des races présentant une forte musculrité, utilisées pour améliorer la qualité des animaux de boucherie. Pour certaines lignées belges ou hollandaises de la race ovine Texel qui présentent un fort développement musculaire, *a priori* sans altération des qualités sensorielles de la viande, l'hypothèse de l'existence d'un gène majeur de type "culard" avait été émise depuis plusieurs dizaines d'années. En collaboration étroite entre l'INRA et l'université de Liège, des travaux ont été entrepris depuis dix ans pour caractériser ce caractère "hypermusclé" et identifier le gène responsable. Les résultats révèlent aujourd'hui un nouveau type de régulation génétique. Une mutation génétique sur le gène codant pour la myostatine, protéine qui limite naturellement la croissance musculaire, entraîne l'inhibition de l'expression de cette protéine, et par conséquent une hypertrophie musculaire, en créant sur l'ARN transcrit une cible illégitime pour des microARNs. Cette mutation originale se révèle par ailleurs d'un grand intérêt zootechnique. (auteurs dans *Nature Genetics* 38, 813-818 2006).

11 **Répartition et histoire des truffes dans l'hémisphère Nord**
L'existence des truffes est connue depuis l'Antiquité. L'intérêt pour la consommation de truffe noire en France et le développement de sa culture par plantations de chênes commence au 19e siècle. Henri Fabre les célèbre dans son style inimitable. Cet article rappelle la découverte des associations symbiotiques entre arbres et champignons, ainsi que celles des différentes espèces du genre *Tuber*. Ce genre ne se rencontre que dans l'hémisphère nord entre 25° et 60° de latitude dans des climats très différents : tropicaux d'altitude, méditerranéens, tempérés ou tempérés froids, continentaux ou continentaux froids. La répartition (Europe, Asie, Afrique du Nord et Amérique du Nord), les origines et les migrations des différentes espèces de truffes fondées sur des analyses phylogénétiques de différents gènes et des analyses de populations, sont présentées. *François Le Tacon*, Nancy, *Yongjin Wang*, Chine, *Sylvain Jeandroz*, Vandoeuvre-les-Nancy, *Claude Murat*, Italie.

Le Point

16 **L'écologie microbienne du sol.** Vers une approche intégrée
Les sols comportent une densité de micro-organismes pouvant atteindre 10^9 germes par gramme et de formidables niveaux de diversité. Ces micro-organismes contribuent à la formation des sols, aux cycles géochimiques, à la santé et la croissance des plantes. Ils constituent un fantastique réservoir de biodiversité qu'il est important de préserver. Les progrès méthodologiques récents permettent d'avoir un meilleur accès à cette microflore, essentielle au fonctionnement des écosystèmes terrestres, mais cachée. Ces articles font suite à un n° de *Biofutur* dédié à ce thème. Ils concernent des méthodes innovantes (la métagénomique, pour détecter de nouvelles bactéries et d'identifier de nouveaux gènes de fonction ; la protéomique, pour appréhender la fonctionnalité des micro-organismes ; le traçage du C et de l'N par des isotopes stables) ; l'altération des minéraux par les bactéries ; la diversité et les fonctions des symbioses champignons-racine (mychorizes) ; le rôle de la biodiversité des micro-organismes dans le fonctionnement des écosystèmes ; la modélisation des écosystèmes microbiens, nécessaire pour la recherche et la valorisation industrielle. *Philippe Lemanceau et al., Nathalie Lombard et al., Pierre-Alain Maron et al., Jérôme Balesdent et al., Stéphane Uroz et al., Marc Buée et al., Diederik van Tuinen, Philippe Vandenkoornhuyse, Xavier Le Roux et al., Jérôme Harmand et al.*

Histoire & Recherche

30 **Mémoires d'aubergine**
Ce texte ouvre la porte sur 50 ans de compagnonnage entre l'INRA et l'aubergine, rarement médiatisée. Pourtant en filigrane de l'histoire de ce légume à l'INRA, se profile une part de celle de l'Institut. Les premières questions scientifiques et agronomiques nécessitaient, outre la génétique, la contribution d'autres disciplines. Les recherches concernaient les problèmes de la production, encore régionale en métropole et aux Antilles, et portaient sur la création variétale, la résistance à divers ravageurs et maladies, les caractères impliqués dans l'adaptation des génotypes à la culture de serre de printemps ou de plein champ, l'analyse des composantes du goût et de la couleur du fruit, les techniques de greffage et de culture. Progressivement, du fait d'un changement de culture scientifique à l'INRA, les recherches se sont ouvertes à des collaborations internationales et orientées vers des sujets, toujours appliqués, mais intégrant la dimension durable, et puisant dans les ressources offertes par la famille des Solanacées, par ex. la mise en place de réseaux de ressources génétiques dévolus à la sauvegarde, au maintien, à la caractérisation et à la valorisation des ressources génétiques d'aubergine, piment, tomate, Cyphomandra et Physalis (France, Union européenne). Le regard porté par l'INRA sur cette "petite espèce" a ainsi totalement changé de perspective. L'histoire faite par les chercheurs et les techniciens qui se sont investis de nombreuses années sur ce thème, révèle aussi une dimension humaine, qui échappe malheureusement trop souvent à la politique scientifique. *Marie-Christine Daunay*, Avignon. En "Astuces" **Aubergine et gourmandise**, par *Hervé This*.

Résonances

48 **Pays, paysans, paysages.** Trente ans après
Une équipe de recherche est retournée sur le terrain 30 ans après son travail originel dans les Vosges du sud où ils avaient étudié les relations entre les paysages et les paysans dans le cadre d'un pays. Cette expérience riche, d'un an, a permis de comparer leurs observations et leurs hypothèses de l'époque avec leur avenir effectif. *Jacques Brossier, André Brun, Jean-Pierre Deffontaines, Jean-Louis Fiorelli, Pierre-Louis Osty, Michel Petit, Marc Roux.*

Courrier

51 **À propos d'un paysan-chercheur, Elisée Brenot (1873-1937)**

Les métiers de l'INRA

53 **Extraits des témoignages de Jean Froc et de Bernard Mauchamp dans *Archorales***

INRA Partenaire

56 **Politique nationale de recherche et structures régionales.** L'expérience du centre de Dijon
Philippe Vissac, directeur de la DARESE, fait le point sur les différentes structures récemment mises en place (pôles de compétence, de compétitivité, RTRA...) ; sur la façon dont l'INRA les situe et les questions posées. Dijon est un exemple intéressant de cette articulation. Rencontre avec *Jacques Brossier*, président du centre.

Sécheresse et agriculture : "Réduire la vulnérabilité de l'agriculture à un risque accru de manque d'eau". Une expertise scientifique collective réalisée par l'INRA
Le ministre de l'Agriculture a commandité cette expertise afin de dresser un état de l'art actualisé et original sur les relations entre agriculture et ressource en eau. 25 experts d'institutions diverses ont analysé l'ensemble de la littérature scientifique internationale sur le sujet. Elle met à disposition des pouvoirs publics et des porteurs d'enjeux les éléments disponibles pour éclairer leurs choix, notamment : établir les bases physiques d'une gestion équilibrée de la ressource en eau ; explorer les possibilités de systèmes de culture et de production mieux adaptés à ces contraintes nouvelles ; analyser les modalités d'action économique et politique disponibles.

Coexistence entre cultures OGM et non OGM en Europe
Comment ces systèmes de culture pourraient-ils coexister dans les régions agricoles européennes ? La réponse dépend principalement du seuil admis pour la présence accidentelle d'OGM dans les récoltes non OGM, de l'espèce cultivée, de la structure des parcellaires, du climat et des pratiques agricoles.

CIRAD INRA • La recherche agronomique à Montpellier, reconnue comme l'un des 13 domaines d'excellence scientifique française INRA-CIRAD-SupAgro (Recherche agronomique et développement durable, RTRA) • Les maladies animales émergentes : exemples de recherche INRA-CIRAD sur des maladies sans frontières • Pôle "Agrumes" en Corse.

Traitement des eaux résiduaires. Collaborations du LBE de Narbonne avec l'Inde
Ces échanges concernent la pollution des eaux, notamment le traitement des effluents hypersalés, ceux des tanneries... *Michel Torrijos, Jean-Philippe Delgenes*, Narbonne.

L'INRA coordonne un ambitieux projet européen de biologie systémique : BaSysBio
Bacillus Systems Biology mobilise 15 organismes de recherche européens et une université australienne pour mettre au point des techniques de "biologie systémique" et étudier le fonctionnement global d'une bactérie modèle *Bacillus subtilis*. Connaissances ensuite étendues à des bactéries pathogènes, ouvrant à des applications en santé et environnement.

Les résumés sont d'*INRA mensuel*

Directeur de la Mission Communication : Pierre Establet
Responsable de l'INRA mensuel : Denise Grail
Secrétariat : Frédérique Chabrol - chabrol@paris.inra.fr / Conception et réalisation : Pascale Inzerillo - piz@paris.inra.fr
Photothèque INRA : Jean-Marie Bossennec - Julien Lanson - Christophe Maître
Couverture : Modèle de vase en forme d'aubergine. Dessin Emile Gallé (atelier) 1846-1904.
Photo : ©RMN - Hervé Lewandowski. Musée d'Orsay, Paris.

Comité de lecture : Pierre Sellier (APA) / Pierre Cruiziat (EFA) / Jean-François Morot-Gaudry (PPV) / Catherine Esnouf (NHSA) / Martine Mignote (SED) / Sylvain Mahé (DÉv) / Brigitte Cauvin (Jouy-en-Josas) / Jean-Claude Druart (Thonon-les-Bains) / Camille Raichon (INRA Éd.) / Jean-Claude Subtil (DRH) / Daniel Renou (Formation) / Jean-Marie Bossennec (Photothèque) Sylvie Colleu, Lise Poulet (Presse) / Marc-Antoine Caillaud, Pascale Mollier, Catherine Donnars (MICOM) / Raditja Ilami-Langlade (Retraités)

INRA, Mission communication, 147 rue de l'Université, 75338 Paris Cedex 07. Tél : 01 42 75 90 00.
Imprimeur : Graph 2000 / Vercingétorix ISSN 1156-1653 Numéro de CPPAP : 0106 B 07468